

Gusrina

Budidaya IKAN

untuk
Sekolah Menengah Kejuruan

JILID 2



Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan
Direktorat Jenderal Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah
Departemen Pendidikan Nasional

Gusrina

BUDIDAYA IKAN

JILID 2

SMK



Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan
Direktorat Jenderal Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah
Departemen Pendidikan Nasional

Hak Cipta pada Departemen Pendidikan Nasional
Dilindungi Undang-undang

BUDIDAYA IKAN

JILID 2

Untuk SMK

Penulis : Gusrina
Perancang Kulit : Tim

Ukuran Buku : 17,6 x 25 cm

GUS GUSRINA
b Budidaya Ikan Jilid 2 untuk SMK /oleh Gusrina ---- Jakarta
: Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan, Direktorat
Jenderal Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah,
Departemen Pendidikan Nasional, 2008.
xii.276 hlm
Daftar Pustaka : A1-A8
Glosarium : B1-B12
ISBN : 978-602-8320-21-4

Diterbitkan oleh
Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan
Direktorat Jenderal Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah
Departemen Pendidikan Nasional
Tahun 2008

KATA SAMBUTAN

Puji syukur kami panjatkan kehadirat Allah SWT, berkat rahmat dan karunia Nya, Pemerintah, dalam hal ini, Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan Direktorat Jenderal Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah Departemen Pendidikan Nasional, telah melaksanakan kegiatan penulisan buku kejuruan sebagai bentuk dari kegiatan pembelian hak cipta buku teks pelajaran kejuruan bagi siswa SMK. Karena buku-buku pelajaran kejuruan sangat sulit di dapatkan di pasaran.

Buku teks pelajaran ini telah melalui proses penilaian oleh Badan Standar Nasional Pendidikan sebagai buku teks pelajaran untuk SMK dan telah dinyatakan memenuhi syarat kelayakan untuk digunakan dalam proses pembelajaran melalui Peraturan Menteri Pendidikan Nasional Nomor 45 Tahun 2008 tanggal 15 Agustus 2008.

Kami menyampaikan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada seluruh penulis yang telah berkenan mengalihkan hak cipta karyanya kepada Departemen Pendidikan Nasional untuk digunakan secara luas oleh para pendidik dan peserta didik SMK.

Buku teks pelajaran yang telah dialihkan hak ciptanya kepada Departemen Pendidikan Nasional ini, dapat diunduh (*download*), digandakan, dicetak, dialihmediakan, atau difotokopi oleh masyarakat. Namun untuk penggandaan yang bersifat komersial harga penjualannya harus memenuhi ketentuan yang ditetapkan oleh Pemerintah. Dengan ditayangkan *soft copy* ini diharapkan akan lebih memudahkan bagi masyarakat khususnya para pendidik dan peserta didik SMK di seluruh Indonesia maupun sekolah Indonesia yang berada di luar negeri untuk mengakses dan memanfaatkannya sebagai sumber belajar.

Kami berharap, semua pihak dapat mendukung kebijakan ini. Kepada para peserta didik kami ucapkan selamat belajar dan semoga dapat memanfaatkan buku ini sebaik-baiknya. Kami menyadari bahwa buku ini masih perlu ditingkatkan mutunya. Oleh karena itu, saran dan kritik sangat kami harapkan.

Jakarta, 17 Agustus 2008
Direktur Pembinaan SMK

KATA PENGANTAR

Buku Budidaya Ikan merupakan salah satu judul buku teks kejuruan yang akan digunakan oleh para pendidik dan peserta didik SMK dan lembaga pendidikan dan pelatihan lainnya. Buku teks kejuruan dalam bidang budidaya ikan saat ini belum banyak dibuat, yang beredar saat ini kebanyakan buku-buku praktis tentang beberapa komoditas budidaya ikan. Buku Budidaya Ikan secara menyeluruh yang beredar dimasyarakat saat ini belum memenuhi kebutuhan sebagai bahan ajar bagi siswa SMK yang mengacu pada Standar Kompetensi Kerja Nasional Indonesia (SKKNI), Standar Isi (SI), Standar Kompetensi Lulusan (SKL) dan model Kurikulum Tingkat Satuan Pendidikan (KTSP) SMK.

Dengan melakukan budidaya ikan maka keberadaan ikan sebagai bahan pangan bagi masyarakat akan berkesinambungan dan tidak akan punah. Pada buku ini akan dibahas beberapa bab yang dapat digunakan sebagai dasar dalam melakukan budidaya ikan. Bab pertama berisi tentang wadah budidaya ikan, bab kedua berisi tentang media budidaya ikan, bab ketiga berisi tentang hama dan penyakit ikan, bab keempat berisi tentang nutrisi ikan, bab kelima berisi tentang teknologi pakan buatan, bab keenam berisi tentang teknologi pakan alami, bab ketujuh berisi tentang pengembangbiakan ikan dan bab kedelapan berisi tentang hama dan penyakit ikan. Sedangkan materi penunjang seperti pemasaran, analisa usaha budidaya ikan dan kesehatan dan keselamatan kerja terdapat pada bab terakhir.

Agar dapat membudidayakan ikan yang berasal dari perairan tawar, payau maupun laut ada beberapa hal yang harus dipahami antara lain adalah memahami jenis-jenis wadah dan media budidaya ikan, pengetahuan tentang nutrisi ikan dan jenis-jenis pakan alami yang meliputi tentang morfologi, biologi dan kebiasaan hidup. Selain itu pengetahuan teknis lainnya yang harus dipahami adalah tentang pengembangbiakan ikan mulai dari seleksi induk, teknik pemijahan ikan, proses pemeliharannya sampai pemanenan ikan.

Akhir kata penulis mengucapkan puji syukur kehadiran Allah SWT atas berkah dan rahmatNya sehingga dapat menyelesaikan penulisan buku ini dihadapan pembaca. Tak lupa penulis mengucapkan terima kasih kepada suami dan anak-anak atas dukungan dan orang tua tercinta serta teman-teman yang telah membantu. Selain itu kepada Direktorat Pembinaan SMK Direktorat Jenderal Pendidikan Dasar dan Menengah yang menyediakan anggaran untuk menyediakan sumber belajar buku teks kejuruan yang sesuai dengan Standar Isi dan Standar Kompetensi Kelulusan SMK. Semoga buku ini bermanfaat bagi yang membacanya dan menambah pengetahuan serta wawasan. Dan juga kami mohon saran dan masukan yang membangun karena keterbatasan yang dimiliki oleh penyusun.

Penyusun

DAFTAR ISI

JILID 1

| | |
|---|-----|
| KATA PENGANTAR..... | ii |
| DAFTAR ISI..... | iii |
| SINOPSIS..... | v |
| PETA KOMPETENSI..... | vii |
| BAB I PENDAHULUAN..... | 1 |
| BAB II WADAH BUDIDAYA IKAN..... | 23 |
| 2.1. JENIS-JENIS WADAH BUDIDAYA IKAN..... | 23 |
| 2.2. KONSTRUKSI WADAH BUDIDAYA..... | 29 |
| 2.3. PERSIAPAN WADAH BUDIDAYA..... | 45 |
| BAB III MEDIA BUDIDAYA IKAN..... | 51 |
| 3.1. SUMBER AIR..... | 52 |
| 3.2. PARAMETER KUALITAS AIR..... | 54 |
| 3.3. PENGUKURAN KUALITAS AIR BUDIDAYA IKAN..... | 69 |
| BAB IV. PENGEMBANGBIAKAN IKAN..... | 75 |
| 4.1. SELEKSI INDUK..... | 75 |
| 4.2. TEKNIK PEMIJAHAN IKAN..... | 105 |
| 4.3. PENETASAN TELUR..... | 133 |
| 4.4. PEMELIHARAAN LARVA DAN BENIH IKAN..... | 141 |
| 4.5. PEMBESARAN IKAN..... | 149 |
| 4.6. PEMANENAN..... | 160 |

JILID 2

| | |
|--|-----|
| BAB V. NUTRISI IKAN..... | 167 |
| 5.1. ENERGI..... | 167 |
| 5.2. PROTEIN..... | 172 |
| 5.3. KARBOHIDRAT..... | 187 |
| 5.4. LIPID..... | 195 |
| 5.5. VITAMIN..... | 204 |
| 5.6. MINERAL..... | 237 |
| BAB VI. TEKNOLOGI PAKAN BUATAN..... | 249 |
| 6.1. JENIS-JENIS BAHAN BAKU..... | 252 |
| 6.2. PENYUSUNAN FORMULASI PAKAN..... | 264 |
| 6.3. PROSEDUR PEMBUATAN PAKAN..... | 282 |
| 6.4. UJI COBA PAKAN IKAN..... | 292 |
| 6.5. MANAJEMEN PEMBERIAN PAKAN..... | 315 |
| 6.6. PAKAN DAN KUALITAS AIR..... | 324 |
| BAB VII. TEKNOLOGI PRODUKSI PAKAN ALAMI..... | 329 |
| 7.1. JENIS-JENIS PAKAN ALAMI..... | 329 |
| 7.2. BUDIDAYA PHYTOPLANKTON..... | 337 |
| 7.3. BUDIDAYA ZOOPLANKTON..... | 355 |

| | |
|-----------------------------|-----|
| 7.4. BUDIDAYA BENTHOS | 389 |
| 7.5. BIOENKAPSULASI..... | 397 |

JILID 3

| | |
|--|-----|
| BAB VIII. HAMA DAN PENYAKIT IKAN..... | 401 |
| 8.1. JENIS-JENIS HAMA DAN PENYAKIT..... | 401 |
| 8.2. PENCEGAHAN HAMA DAN PENYAKIT IKAN..... | 413 |
| 8.3. GEJALA SERANGAN PENYAKIT | 418 |
| 8.4. PENGobatan PENYAKIT IKAN..... | 431 |
| BAB. IX. PEMASARAN | 447 |
| 9.1. PENGERTIAN PEMASARAN | 447 |
| 9.2. CIRI-CIRI PEMASARAN HASIL PERIKANAN..... | 448 |
| 9.3. PERENCANAAN DAN TARGET PENJUALAN | 450 |
| 9.4. ESTIMASI HARGA JUAL..... | 452 |
| 9.5. SISTEM PENJUALAN | 455 |
| 9.6. STRATEGI PROMOSI | 456 |
| BAB. X. ANALISA KELAYAKAN USAHA | 465 |
| BUDIDAYA IKAN..... | 465 |
| 10.1. PENGERTIAN STUDI KELAYAKAN | 465 |
| 10.2. <i>NET PRESENT VALUE (NPV)</i> | 478 |
| 10.3. <i>NET BENEFIT COST RATIO (NBC RATIO)</i> | 479 |
| 10.4. <i>INTERNAL RATE OF RETURN (IRR)</i> | 479 |
| 10.5. <i>ANALISIS BREAK EVENT POINT (BEP)</i> | 480 |
| 10.6. APLIKASI ANALISA USAHA | 481 |
| BAB. XI. KESEHATAN DAN KESELAMATAN | 487 |
| KERJA | 487 |
| 11.1. PENGERTIAN KESEHATAN DAN KESELAMATAN KERJA (K3)..... | 487 |
| 11.2. PENERAPAN KAIDAH K3 PADA DUNIA USAHA PERIKANAN BUDIDAYA | 487 |

LAMPIRAN A DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN B GLOSARIUM

SINOPSIS

Buku teks dengan judul budidaya ikan dapat dipelajari oleh para peserta diklat dan pendidik pada Sekolah Menengah Kejuruan yang mengambil program studi Budidaya Ikan. Menurut SKKNI dalam program studi Budidaya Ikan dapat dikelompokkan menjadi Budidaya Ikan Air Tawar, Budidaya Ikan Air Laut, Budidaya Ikan Air Payau dan Budidaya Ikan Hias. Dalam buku teks ini akan memberikan pengetahuan mendasar tentang bagaimana membudidayakan ikan dan dapat di aplikasikan pada berbagai habitat budidaya. Pada buku teks ini berisi tentang wadah budidaya yang dapat digunakan dalam melakukan budidaya ikan, media yang optimal dalam budidaya ikan agar proses budidaya dapat berlangsung sesuai dengan kebutuhan ikan untuk hidup tumbuh dan berkembang, bagaimana melakukan proses perkembangbiakan ikan budidaya dari sudut biologis ikan budidaya dan aplikasi pada beberapa ikan budidaya, kebutuhan nutrisi untuk ikan yang akan dibudidayakan, bagaimana membuat pakan ikan yang harus diberikan pada ikan budidaya, bagaimana memproduksi pakan alami sebagai pakan yang sangat dibutuhkan bagi larva ikan dan benih ikan budidaya, hama dan penyakit ikan yang dapat menyerang ikan budidaya serta perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi dalam budidaya ikan.

Budidaya ikan merupakan suatu kegiatan yang sangat penting saat ini dan masa yang akan datang. Hal ini dikarenakan ikan merupakan salah satu jenis pangan yang sangat dibutuhkan oleh manusia yang mempunyai harga jual relatif murah dan mempunyai kandungan gizi yang lengkap. Dengan mengkonsumsi ikan maka kebutuhan gizi manusia akan terpenuhi. Oleh karena itu kemampuan sumberdaya manusia untuk memproduksi ikan budidaya sangat dibutuhkan. Dengan semakin bertambahnya jumlah penduduk dan keterbatasan lahan budidaya selanjutnya, maka dibutuhkan suatu teknologi budidaya ikan pada lahan yang terbatas dan produktivitas tinggi untuk memenuhi kebutuhan pangan. Dengan mempelajari buku teks ini diharapkan para pembaca dapat mengaplikasikan ilmu budidaya pada berbagai media dan teknologi budidaya.

Pengetahuan tentang wadah budidaya ikan dan media yang dibutuhkan bagi ikan budidaya akan memberikan pemahaman tentang investasi yang harus dipersiapkan sesuai dengan skala produksi yang akan diterapkan. Dengan menerapkan teknologi budidaya ikan yang intensif dibutuhkan pemahaman tentang produksi pakan buatan yang ramah lingkungan tetapi sesuai dengan kebutuhan ikan budidaya. Selain itu dalam membudidayakan ikan sangat dibutuhkan pakan alami pada fase larva dan benih, maka sangat dibutuhkan suatu pemahaman bagaimana membudidayakan pakan alami yang sesuai dengan kebutuhan ikan.

Selain itu dalam suatu budidaya ikan maka akan ada kendala yang dialami pembudidaya ikan yaitu adanya serangan hama dan penyakit ikan. Oleh karena itu diperlukan pemahaman tentang jenis-jenis hama dan penyakit yang dapat menyerang ikan budidaya serta bagaimana tindakan pencegahan dan pengobatan yang harus dilakukan oleh para pembudidaya agar ikan yang dibudidayakan tidak terserang hama dan penyakit.

Dengan semakin berkembangnya ilmu pengetahuan dan teknologi maka penerapan teknologi yang terkini telah merambah dalam budidaya ikan. Pengembangbiakan ikan secara tradisional akan semakin kurang diminati dan akan beralih kepada sentuhan ilmu pengetahuan dan teknologi untuk meningkatkan produksi pada ikan budidaya. Aplikasi teknologi molekuler dalam budidaya ikan sudah bisa diterapkan mulai dari rekayasa kromosom, rekayasa gen dan terkini adalah rekayasa sel. Rekayasa kromosom antara lain adalah melakukan kegiatan ginogenesis, androgenesis dan poliploidisasi yang tujuan dari manipulasi kromosom ini untuk meningkatkan produktivitas ikan budidaya dan memberikan nilai tambah pada pembudidaya ikan. Sedangkan rekayasa gen dapat diterapkan jika peralatan untuk melakukan rekayasa ini tersedia dimana dengan melakukan rekayasa gen dapat dibuat komoditas ikan budidaya yang disisipi gen yang menguntungkan bagi pembudidaya misalnya gen pertumbuhan, gen antibeku dan gen warna tubuh.

Dengan mempelajari buku teks ini diharapkan dapat memahami pengetahuan yang sangat mendasar dalam membudidayakan ikan. Dalam buku teks ini juga dijelaskan berbagai kemampuan dasar untuk melakukan suatu kegiatan yang langsung dapat diaplikasikan dengan menggunakan bahasa yang sederhana dan mudah dimengerti oleh berbagai kalangan.

PETA KOMPETENSI

| KODE UNIT | JUDUL UNIT KOMPETENSI/SUB KOMPETENSI |
|--------------------|---|
| PBD. PL 00.001U.01 | Memenuhi persyaratan kerja di DU/DI |
| | <ol style="list-style-type: none"> 1. Menyetujui kondisi dan ketentuan ketenagakerjaan 2. Memenuhi persyaratan ketenagakerjaan |
| PBD. PL 00.002U.01 | Memenuhi persyaratan kesehatan, keselamatan dan lingkungan di tempat kerja |
| | <ol style="list-style-type: none"> 1. Mengikuti prosedur di tempat kerja untuk kesehatan dan keselamatan di tempat kerja 2. Melakukan tindakan kesehatan dan keselamatan kerja dalam kondisi bahaya/darurat 3. Memelihara infrastruktur dan lingkungan kerja |
| | |
| PBD. PL 00.003U.01 | Membina kerjasama |
| | <ol style="list-style-type: none"> 1. Melakukan interaksi di tempat kerja 2. Melakukan pertemuan, menyelami dan mengarahkan klien dan pelanggan 3. Memelihara penampilan pribadi |
| | |
| PBD. PL 00.004U.01 | Menggunakan sistem komunikasi |
| | <ol style="list-style-type: none"> 1. Mengumpulkan, mencatat dan mengirim data 2. Mengumpulkan, mencatat dan menyediakan informasi untuk memenuhi kebutuhan tempat kerja 3. Menanggapi masalah |
| | |
| PBD. PL 00.005U.01 | Membuat perencanaan kerja |
| | <ol style="list-style-type: none"> 1. Membuat jadwal kegiatan 2. Mengatur bahan, peralatan dan cara kerja |
| PBD. PL 00.006U.01 | Menyiapkan peralatan |
| | <ol style="list-style-type: none"> 1. Mengidentifikasi jenis peralatan 2. Menentukan peralatan 3. Mengontrol cara kerja peralatan 4. Membuat laporan |
| | |
| | |

| | |
|----------------------|--|
| PBD.PL 00.007U.01 | Mengidentifikasi parameter kualitas air |
| | 1. Menyiapkan peralatan dan bahan yang digunakan dalam identifikasi parameter kualitas air |
| | 2. Mengambil sampel air di lapangan |
| | 3. Mengukur parameter kualitas air |
| | 4. Membuat laporan hasil identifikasi parameter kualitas air |
| | |
| KODE UNIT | JUDUL UNIT KOMPETENSI/ELEMEN KOMPETENSI |
| PBD. PL00.008U. 01 | Menentukan lokasi budidaya |
| | 1. Merencanakan tahapan kegiatan penentuan lokasi budidaya |
| | 2. Mengidentifikasi persyaratan lokasi budidaya melalui kegiatan survey lapangan |
| | 3. Menentukan lokasi |
| | 4. Membuat laporan |
| PBD. PL 00. 009U. 01 | Menyiapkan wadah |
| | 1. Mengidentifikasi wadah |
| | 2. Menentukan wadah |
| | 3. Mengontrol proses penggunaan wadah |
| | 4. Membuat laporan |
| PBD. PL 00. 010U. 01 | Mengidentifikasi hama dan penyakit ikan |
| | 1. Mengambil sampel di lapangan |
| | 2. Mengidentifikasi gejala serangan |
| | 3. Menentukan jenis parasit |
| | 4. Membuat laporan |
| PBD. PL 00. 011U. 01 | Mengemas ikan |
| | 1. Menyiapkan teknik pengepakan |
| | 2. Menentukan jenis ikan yang dikemas |
| | 3. Melakukan pengepakan ikan |
| | 4. Membuat laporan |
| PBD. PL00.012U. 01 | Memasarkan ikan |
| | 1. Mencari order pemasaran |
| | 2. Melaksanakan penjualan |
| | 3. Menyiapkan kuota/target |
| | 4. Mengontrol proses pemasaran |

| | |
|-------------------|--|
| PBD.PL 01.0011.01 | Menentukan lokasi pembenihan ikan |
| | 1. Merencanakan tahapan kegiatan penentuan lokasi pembenihan |
| | 2. Mengidentifikasi persyaratan lokasi pembenihan ikan |
| | 3. Memilih lokasi pembenihan ikan |
| | 4. Membuat laporan |
| PBD.PL 01.0021.01 | Menyiapkan media pembenihan ikan |
| | 1. Merencanakan kegiatan persiapan media pembenihan |
| | 2. Menyiapkan wadah pembenihan |
| | 3. Menyiapkan air untuk pembenihan |
| | 4. Membuat laporan |
| PBD.PL 01.0031.01 | Mengelola induk ikan |
| | 1. Memelihara calon induk ikan |
| | 2. Menyeleksi calon induk jantan dan betina |
| | 3. Melakukan pematangan gonad induk ikan |
| | 4. Menyeleksi induk siap pijah |
| PBD.PL 01.0041.01 | Memijahkan induk ikan |
| | 1. Melakukan proses pemijahan ikan |
| | 2. Menangani telur |
| | 3. Menetaskan telur |
| PBD.PL 01.0051.01 | Mengkultur pakan alami |
| | 1. Mengidentifikasi jenis-jenis pakan alami |
| | 2. Menyiapkan media tempat tumbuhnya pakan alami |
| | 3. Menebar bibit pakan alami |
| PBD.PL 01.0061.01 | Memelihara larva ikan |
| | 1. Merawat larva ikan |
| | 2. Memberi pakan larva |
| | 3. Mengamati perkembangan larva |
| | 4. Menangani hama dan penyakit pada pemeliharaan larva |
| | 5. Memantau kualitas dan kuantitas air pada pemeliharaan larva |
| PBD.PL.01.0071.01 | Memanen hasil pembenihan ikan |
| | 1. Merencanakan kegiatan pemanenan hasil pembenihan |
| | 2. Melakukan pemanenan benih ikan |
| | 3. Mengemas benih ikan |
| | 4. Membuat laporan |

| | |
|--------------------|---|
| PBD.PL.01.008I.01 | Memasarkan hasil pembenihan ikan |
| | 1. Mengidentifikasi calon pembeli |
| | 2. Membuat kesepakatan |
| | 3. Melakukan transaksi |
| | 4. Melakukan perhitungan laba rugi |
| 5. Membuat laporan | |
| PBD.PL 02.009I.01 | Menentukan lokasi pendederan ikan |
| | 1. Merencanakan tahapan kegiatan penentuan lokasi pendederan ikan |
| | 2. Mengidentifikasi persyaratan lokasi pendederan ikan |
| | 3. Memilih lokasi pendederan |
| 4. Membuat laporan | |
| PBD.PL 02.010I.01 | Menyiapkan media pendederan ikan |
| | 1. Merencanakan kegiatan persiapan pendederan ikan |
| | 2. Menyiapkan wadah pendederan ikan |
| | 3. Menyiapkan air untuk pendederan ikan |
| 4. Membuat laporan | |
| PBD.PL 02.011I.01 | Menebar benih ikan pada pendederan |
| | 1. Merencanakan kegiatan penebaran benih ikan |
| | 2. Menebar benih ikan |
| 3. Membuat laporan | |
| PBD.PL 02.012I.01 | Memantau pertumbuhan benih ikan pada pendederan |
| | 1. Merencanakan kegiatan pemantauan pertumbuhan benih ikan |
| | 2. Mengambil sampel untuk menduga pertumbuhan benih ikan |
| | 3. Melakukan sortasi |
| 4. Membuat laporan | |
| PBD.PL 02.013I.01 | Mengelola pakan benih ikan pada pendederan |
| | 1. Mengidentifikasi jenis-jenis pakan untuk benih ikan |
| | 2. Merencanakan kegiatan pengelolaan pakan benih ikan |
| | 3. Menentukan jumlah, waktu dan frekuensi pemberian pakan |
| 4. Membuat laporan | |

| | |
|--------------------|---|
| PBD.PL 02.014I.01 | Mengelola kualitas dan kuantitas air pada pendederan ikan |
| | 1. Merencanakan kegiatan pengelolaan kualitas dan kuantitas air |
| | 2. Mengidentifikasi kualitas dan kuantitas air pada pendederan ikan |
| | 3. Mengelola kualitas dan kuantitas air pada pendederan ikan |
| PBD.PL 02.015I.01 | Mengendalikan hama dan penyakit pada pendederan ikan |
| | 1. Merencanakan kegiatan monitoring hama dan penyakit |
| | 2. Mengidentifikasi hama dan penyakit |
| | 3. Melakukan pengobatan ikan |
| | 4. Mencatat kejadian serangan penyakit |
| 5. Membuat laporan | |
| PBD.PL 02.016I.01 | Memanen hasil pendederan ikan |
| | 1. Merencanakan kegiatan pemanenan hasil pendederan ikan |
| | 2. Memanen benih ikan |
| PBD.PL 02.017I.01 | Memasarkan hasil pendederan ikan |
| | 1. Mengidentifikasi calon pembeli |
| | 2. Membuat kesepakatan |
| | 3. Melakukan transaksi |
| | 4. Melakukan perhitungan laba rugi |
| 5. Membuat laporan | |
| PBD.PL 03.018I.01 | Menentukan lokasi pembesaran ikan |
| | 1. Merencanakan tahapan kegiatan pemilihan lokasi |
| | 2. Mengidentifikasi persyaratan lokasi pembesaran ikan |
| | 3. Memilih lokasi pembesaran ikan |
| PBD.PL 03.019I.01 | Menyiapkan media pembesaran ikan |
| | 1. Merencanakan kegiatan persiapan pembesaran ikan |
| | 2. Menyiapkan wadah pembesaran ikan |
| | 3. Menyiapkan media pembesaran ikan |
| | 4. Membuat laporan |

| | |
|-------------------|---|
| PBD.PL 03.0201.01 | Menebar benih ikan pada pembesaran |
| | 1. Merencanakan kegiatan penebaran benih ikan |
| | 2. Menebar benih ikan |
| | 3. Membuat laporan |
| PBD.PL 03.0211.01 | Memantau pertumbuhan ikan pada pembesaran |
| | 1. Merencanakan kegiatan pemantauan pertumbuhan ikan |
| | 2. Mengambil sampel untuk menduga pertumbuhan ikan |
| | 3. Melakukan sortasi |
| | 4. Membuat laporan |
| PBD.PL 03.0221.01 | Mengelola pakan pembesaran ikan |
| | 1. Mengidentifikasi jenis-jenis pakan untuk pembesaran ikan |
| | 2. Merencanakan kegiatan pengelolaan pakan pembesaran ikan |
| | 3. Menentukan jumlah, waktu dan frekuensi pemberian pakan |
| | 4. Membuat laporan |
| PBD.PL 03.0231.01 | Mengendalikan hama dan penyakit pada pembesaran ikan |
| | 1. Merencanakan kegiatan monitoring hama dan penyakit |
| | 2. Mengidentifikasi hama dan penyakit pada pembesaran ikan |
| | 3. Melakukan pengobatan ikan |
| | 4. Mencatat kejadian serangan penyakit |
| | 5. Membuat laporan |
| PBD.PL 03.0241.01 | Memanen hasil pembesaran ikan |
| | 1. Merencanakan kegiatan pemanenan ikan hasil pembesaran |
| | 2. Melakukan pemanenan |
| | 3. Mengemas ikan hasil pembesaran |
| | 4. Membuat laporan |
| PBD.PL 03.0251.01 | Memasarkan hasil pembesaran ikan |
| | 1. Mengidentifikasi calon pembeli ikan |
| | 2. Melakukan kesepakatan |
| | 3. Melakukan transaksi |
| | 4. Melakukan penghitungan laba rugi |
| | 5. Membuat laporan |

BAB V. NUTRISI IKAN

Dalam Bab ini akan didiskusikan tentang berbagai macam bahan gizi pakan ikan/makanan yang sangat penting bagi kebutuhan ikan. Ikan merupakan salah satu jenis organisme air sumber pangan bagi manusia yang banyak mengandung protein. Agar dapat dibudidayakan dalam waktu yang relatif tidak terlalu lama maka dalam proses pembudidayaannya selain menggunakan pakan alami juga memberikan pakan buatan. Pakan buatan yang diberikan pada ikan harus mengandung zat gizi yang sesuai dengan kebutuhan ikan tersebut. Saat ini dengan semakin meningkatnya ilmu pengetahuan tentang nutrisi ikan maka pabrik pakan buatan ikan menyusun formulasi pakan sesuai dengan kebutuhan gizi setiap jenis ikan yang akan dibudidayakan. Oleh karena itu dalam bab ini akan dibahas beberapa subbab yang sangat mendukung dalam proses pembuatan pakan ikan yaitu pengetahuan tentang energi dan kandungan nutrisi yang harus terdapat pada pakan ikan yaitu protein, karbohidrat, lemak, vitamin dan mineral. Pengetahuan tentang

zat gizi ini meliputi penggolongan nutrisi dan tipe, struktur kimia, fungsi umum dan arti penting di dalam ilmu gizi hewan air. Nutrien atau kandungan zat gizi dalam bahan pakan di bagi menjadi enam bagian yaitu : energi, protein dan asam amino, lipid dan asam lemak, karbohidrat, vitamin dan mineral. Dalam materi ini akan dipelajari secara spesifik objektifitas untuk masing-masing bagian tersebut.

5.1. ENERGI

Dalam kehidupan manusia setiap hari sering mendengar istilah energi. Energi berasal dari kata Yunani yaitu En yang berarti *in* dan Ergar yang berarti *work*, dari arti kata asalnya energi dapat didefinisikan sebagai kapasitas atau sesuatu yang dapat diolah kedalam bentuk kerja atau kemampuan untuk bekerja. Bentuk energi dalam kehidupan manusia dapat dikelompokkan berdasarkan sumbernya yaitu energi mekanik, energi panas, energi listrik dan energi molekuler. Energi akan ada dan hadir dalam setiap bentuk yang berbeda dan disesuaikan dengan pekerjaan berbeda. Pada ikan

sebagai organisme yang berhubungan dengan air membutuhkan makanan untuk menyediakan energi yang mereka perlukan. Energi bagi makhluk hidup berasal dari makanan dimana dari makanan ini akan diubah menjadi energi kimia dan disimpan dalam tubuh dalam bentuk Adenosin Tri Phosphat (ATP). Dengan adanya energi ini dapat mengubah energi kinetik dari suatu reaksi metabolisme yang menimbulkan kerja dan panas.

Pada ikan sumber energi diperoleh dari pakan, dimana pada pakan ikan ini mengandung zat gizi/nutrien yang berasal dari karbohidrat, lemak dan protein dan dapat terukur secara langsung atas pertolongan *bomb calorimeter*. Energi diperlukan untuk melakukan pekerjaan mekanis (aktivitas otot), pekerjaan kimia (proses kimia yang berlangsung dalam tubuh), kerja elektrik (aktifitas saraf), dan pekerjaan osmotik (memelihara badan untuk menjaga keseimbangan satu sama lain dan dengan medium air tawar, payau atau air laut dimana organisme air itu hidup). Energi yang diperoleh oleh makhluk hidup ini dapat menimbulkan panas dimana menurut ilmuwan Lavoiser dan Laplace (1780) Panas dari tubuh hewan berasal dari oksidasi zat-zat organik dan makanan yang diberikan digunakan sebagai sumber energi. Oleh karena itu nilai energi suatu bahan makanan dapat dipakai sebagai dasar dalam menentukan nilai gizi dari bahan makanan tersebut.

Energi bebas adalah energi yang tersedia untuk aktifitas biologi dan

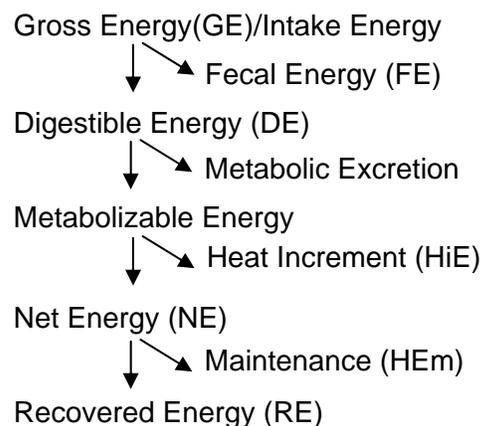
pertumbuhan setelah kebutuhan energi terpenuhi. Kuantitas dan energi yang tersedia untuk pertumbuhan merupakan jenis energi yang paling utama dari segi pandangan akuakultur. Kebutuhan energi hewan air berbeda-beda kuantitasnya, hal ini dapat dibedakan berdasarkan jenis ikan yang dibudidayakan, kebiasaan makan, ukuran ikan, lingkungan dan status reproduksi. Energi yang disediakan oleh makanan adalah salah satu pertimbangan yang penting di dalam menentukan nilai gizinya. Energi dinyatakan dalam kilokalori (kcal) atau kilojoule (kJ). Satu kilokalori adalah jumlah panas yang diperlukan untuk menaikkan temperatur satu gram air dari 14,5°C menjadi 15,5 °C (dalam air 1°C). Joule adalah satuan tenaga listrik dalam sistem metrik dan satu kcal sama dengan 4.184 kJ. Sebagai contoh, 70 kcal sama dengan 293.02 kJ atau dapat juga menggunakan satuan British Thermal Unit (BTU) dimana 1 BTU = 252 kalori.

Setelah mempelajari bagian ini, pembaca harus bisa membedakan bentuk energi dan pengukurannya. Memahami metabolisme energi berkenaan dengan makanan, persamaan energi dalam keseimbangan dan faktor-faktor yang berpengaruh pada energi yang menyebabkan kebutuhan ikan akan energi disesuaikan dengan cara pemberian pakan dalam budidaya ikan dan memahami arti protein energi ratio yang merupakan perbandingan antara protein optimal dengan energi yang terdapat dalam pakan ikan.

Pemanfaatan Energi

Energi yang diperoleh dari pakan digunakan sebagai sumber energi utama yang dalam pembagian energi disebut dengan Gross Energi atau energi kotor. Gross Energi (GE) nilai makanan ini dapat didefinisikan sebagai total energi yang terdapat dalam makanan. Semua energi yang diperoleh dari asupan pakan yang dikonsumsi oleh ikan, tidak semuanya dipergunakan untuk keperluan pertumbuhan dan perkembangan ikan karena energi tersebut akan dibagi menjadi Digestible energy (DE) yaitu energi yang dapat dicerna dan Fecal energy (FE) yaitu energi yang digunakan untuk kegiatan pembuangan hasil ekskresi pada ikan berupa feses. Dari Digestible Energy ini yang selanjutnya akan dipergunakan oleh ikan untuk kegiatan proses metabolisme dan proses hasil buangan metabolisme yang terbagi menjadi Metabolizable Energy (ME) yaitu energi yang dapat dipergunakan untuk kegiatan metabolisme dan Metabolic Excretion yaitu energi yang dikeluarkan oleh ikan untuk proses pembuangan urin (Urine Excretion) dan Gill Excretion (GE). Energi yang dipergunakan untuk kegiatan metabolisme didalam tubuh ikan ini dibagi lagi menjadi dua yang akan dipergunakan untuk kegiatan aktivitas metabolisme seperti kegiatan mengkonsumsi oksigen dalam media pemeliharaan yang biasa disebut dengan Heat Increment (HiE) atau dengan kata lain dalam proses fisiologis ikan yang disebut dengan Specific Dynamic Action yaitu energi yang diperlukan

oleh ikan untuk aktivitas hidup harian ikan. Energi yang tersisa dari proses kegiatan metabolisme adalah energi bersih yang disebut dengan Net Energy (NE) yang akan dipergunakan maintenance atau perawatan ikan seperti metabolisme basal, aktivitas ikan, aktivitas renang, adaptasi terhadap suhu dan sisanya baru akan dipergunakan untuk pertumbuhan. Jadi energi yang akan dipergunakan untuk pertumbuhan adalah energi yang tertinggal setelah kebutuhan untuk metabolisme basal ikan terpenuhi dan jika masih ada yang tersisa energi tersebut akan dipergunakan untuk kegiatan reproduksi. Jadi pertumbuhan dapat terjadi jika semua proses metabolisme ikan terpenuhi dan setelah pertumbuhan somatik terpenuhi baru akan dilanjutkan dengan pertumbuhan gonadik. Untuk memudahkan dalam memahami pembagian energi yang diperoleh dari pakan oleh ikan dapat dilihat pada diagram berikut :



Sumber Watanabe (1988)

Energi Metabolisme

Tingkat kebutuhan energi pada ikan biasanya dikaitkan dengan tingkat kebutuhan protein optimal dalam pakan. Dalam dunia akuakultur biasa disebut dengan protein energi ratio (P/e). Nilai protein energi ratio pada ikan konsumsi sebaiknya berkisar antara 8 – 10. Nilai ini diperoleh dari hasil perhitungan antara kadar protein dalam pakan dengan jumlah energi yang diperoleh dalam formulasi pakan tersebut pada level energi yang dapat dicerna (DE). Nilai energi yang diperhitungkan tersebut biasa disebut dengan energi metabolisme. Energi metabolisme ini diperoleh setelah nutrisi utama karbohidrat, lemak, dan protein mengalami beberapa proses kimia seperti katabolisme dan oksidasi di dalam tubuh hewan. Energi bebas digunakan untuk pemeliharaan pada proses kehidupan seperti metabolisme sel, pertumbuhan, reproduksi dan aktifitas fisik. Keseimbangan antara energi dan protein sangat penting dalam meningkatkan laju pertumbuhan ikan budidaya. Apabila kandungan energi dalam pakan berkurang maka protein dalam tubuh ikan akan dipecah dan dipergunakan sebagai sumber energi. Seperti kita ketahui pada ikan protein sangat berperan dalam pembentukan sel baru, jika protein dipakai sebagai sumber energi maka akan menyebabkan pertumbuhan ikan terhambat. Oleh karena itu jumlah energi yang dibutuhkan untuk pertumbuhan dan pemeliharaan ikan budidaya sangat dipengaruhi oleh jenis ikan, umur ikan, komposisi pakan, tingkat reproduksi dan tingkat metabolisme standar.

Energi didalam tubuh organisme biasanya akan diubah menjadi energi kimia yang biasa disebut dengan Adenosin Triphosphat atau ATP. ATP ini sangat dibutuhkan oleh tubuh untuk berbagai aktivitas misalnya proses kehidupan biokimia seperti anabolisme atau sintesa, daya mekanis, tenaga listrik, kerja osmotik dan proses metabolisme lainnya. ATP adalah suatu energi yang kaya akan molekul karena unit triphosphatnya berisi dua ikatan phosphoanhydride. Adenosin triphosphat (ATP) adalah daya penggerak penting karena merupakan energi yang dibutuhkan dalam proses biokimia pada kehidupan.

Ikan merupakan organisme air yang menggunakan protein sebagai sumber energi utama berbeda dengan manusia yang menggunakan karbohidrat sebagai sumber energi utama. Oleh karena itu dalam menyusun pakan ikan ada suatu parameter yang disebut dengan keseimbangan energi yang diperoleh dari perhitungan nilai energi yang dapat dicerna dibagi dengan kadar protein pakan ikan. Nilai energi dari setiap kandungan nutrisi pada ikan sangat berbeda, seperti berdasarkan hasil penelitian dari satu gram protein akan memberikan nilai energi kotor (GE) sebesar 5,6 kkal/g, sedangkan untuk satu gram lemak adalah 9,4 kkal/g dan untuk satu gram karbohidrat adalah 4,1 kkal/g. Nilai energi ini merupakan nilai energi yang diperoleh apabila zat makanan secara sempurna dibakar menjadi hasil-hasil oksidasi melalui CO_2 , H_2O dan gas lainnya. Menurut Buwono (2004) distribusi energi pada

ikan budidaya dapat dikelompokkan sebagai berikut :

- Gross Energy adalah 100%
- Digestible Energy adalah 85%
- Fecal Energy untuk ikan herbivora adalah 15% sedangkan untuk ikan karnivora adalah 20%
- Metabolizable Energy adalah 80%
- Metabolic Excretion berkisar antara 3 – 5%
- Net Energy adalah 52,5 %
- Heat Increment Energy adalah 27,5%

Jika pakan yang dikonsumsi oleh ikan masuk ke dalam tubuh ikan sebagai energi kotor yang secara distribusi energi adalah 100% maka konversi energi untuk satu gram protein pada DE adalah 80% dikali 5,6 kkal/g yaitu 4,48 atau 4,5 kkal/g, sedangkan untuk karbohidrat adalah 80% dikali 4,1 kkal/g yaitu 3,8 kkal/g, untuk satu gram lemak adalah 80% dikali 9,4 kkal/g yaitu 7,52 kkal/g. Tetapi nilai konversi energi ini dari hasil penelitian sangat berbeda untuk setiap jenis ikan yang dibudidayakan seperti terlihat pada Tabel 5.1 dan Tabel 5.2.

Tabel 5.1. Kebutuhan energi untuk ikan Salmon

| Nutrient | Gross Energy (kkal/g) | Digestibility (persent) | Available (kkal/g) |
|-------------|-----------------------|-------------------------|--------------------|
| Protein | 5,6 | 70 | 3,9 |
| Lemak | 9,4 | 85 | 8,0 |
| Karbohidrat | 4,1 | 40 | 1,6 |

Tabel 5.2. Kebutuhan energi untuk Catfish

| Nutrient | Gross Energy (kkal/g) | Digestibility (persent) | Available (kkal/g) |
|-------------|-----------------------|-------------------------|--------------------|
| Protein | 5,6 | 80 | 4,5 |
| Lemak | 9,4 | 90 | 8,5 |
| Karbohidrat | 4,1 | 70 | 2,9 |

Berdasarkan data dari tabel tersebut diatas maka dapat diambil suatu kesimpulan bahwa setiap jenis ikan mempunyai daya cerna yang berbeda pada nutrisi yang dikonsumsinya. Pada ikan salmon merupakan salah satu jenis ikan karnivora mempunyai pencernaan

yang rendah terhadap karbohidrat sehingga energi yang diperoleh dari karbohidrat hanya dapat dicerna sebanyak 40%, sedangkan ikan catfish merupakan salah satu jenis ikan omnivora mempunyai kemampuan mencerna karbohidrat

lebih tinggi dibandingkan dengan ikan karnivora yaitu 70%.

5.2. PROTEIN

Protein merupakan nutrisi utama yang mengandung nitrogen dan merupakan unsur utama dari jaringan dan organ tubuh hewan dan juga senyawa nitrogen lainnya seperti asam nukleat, enzim, hormon, vitamin dan lain-lain. Protein dibutuhkan sebagai sumber energi utama karena protein ini terus menerus diperlukan dalam makanan untuk pertumbuhan dan perbaikan jaringan yang rusak. Protein mengandung karbon sebanyak 50-55%, hidrogen 5-7%, dan oksigen 20-25% yang bersamaan dengan lemak dan karbohidrat, juga mengandung nitrogen sebanyak 15-18%, rata-rata adalah 16% dan sebagian lagi merupakan unsur sulfur dan sedikit mengandung fosfat dan besi. Oleh karena itu beberapa literatur mengatakan bahwa protein adalah makro molekul yang terdiri dari karbon, hidrogen, oksigen, nitrogen dan boleh juga berisi sulfur. Kadar nitrogen pada protein dapat dibedakan dari lemak dan karbohidrat serta komponen bahan organik lainnya.

Protein berasal dari bahasa Yunani yaitu Proteos yang berarti pertama atau utama. Hal ini dikarenakan protein merupakan makromolekul yang paling berlimpah didalam sel hidup dan merupakan 50% atau lebih berat kering sel. Protein dalam setiap sel makhluk hidup tersimpan dalam jaringan dan organ dan sebagai

komponen utama jaringan tubuh ikan. Nutrient ini di perlukan untuk pertumbuhan dan perbaikan serta perawatan jaringan dan organ. Tidak ada bahan gizi lain yang dapat menggantikan peran utamanya dalam membangun dan memperbaiki sel dan jaringan yang rusak. Sebagai tambahan protein juga berperan untuk kontraksi otot dan komponen enzim, hormon dan antibodi. Protein dalam bentuk kompleks sebagai heme, karbohidrat, lipid atau asam nukleat. Hewan air harus mengkonsumsi protein untuk menggantikan jaringan tubuh yang aus/rusak (perbaikan) dan untuk mensintesis jaringan baru (pertumbuhan dan reproduksi).

Selain itu protein mempunyai peranan biologis karena merupakan instrumen molekuler yang mengekspresikan informasi genetik. Semua protein pada makhluk hidup dibangun oleh susunan yang sama yaitu 20 macam asam amino baku, yang molekulnya sendiri tidak mempunyai aktivitas biologi. Dari 20 macam asam amino ini dibagi menjadi dua kelompok yaitu asam amino essensial sebanyak 10 macam merupakan asam amino yang sangat dibutuhkan oleh tubuh tetapi tubuh ikan tidak dapat mensintesisnya, dan asam amino non essensial sebanyak 10 macam yaitu asam amino yang dibutuhkan oleh tubuh dan dapat disintesis dalam tubuh ikan itu sendiri. Dalam bab ini akan dipelajari tentang sepuluh asam amino yang penting yang diperlukan oleh ikan dan struktur bahan kimia, membedakan antara asam amino essensial dan asam amino non-essensial; asam amino yang diserap ikan; efek

defisiensi dan kelebihan dari asam amino berkenaan dengan aturan makan ikan ; prosedur bagaimana cara menentukan kebutuhan asam amino secara kuantitatif dan kualitatif pada ikan; metoda mengevaluasi mutu protein; dan bagaimana cara menentukan kebutuhan protein beberapa jenis ikan budidaya.

Penggolongan Protein

Sampai saat ini protein dapat diklasifikasikan penggolongannya berdasarkan bentuk, struktur tiga dimensi serta penggolongan lainnya. Berdasarkan bentuk protein dibagi menjadi dua golongan yaitu protein globular dan protein serabut.

- **Protein globular** adalah protein yang rantai-rantai polipeptidanya berlipat rapat-rapat menjadi bentuk globular atau bulat yang padat atau berbentuk bola . Jenis protein ini biasanya larut dalam sistem larutan (air) dan segera berdifusi dan mempunyai fungsi gerak atau dinamik. Beberapa contoh dari protein globular antara lain adalah: enzim, protein transport pada darah, hormon protein, protein pecahan serum darah, antibodi dan protein penyimpan nutrien.
- **Protein serabut** adalah protein yang tidak larut dalam air dan merupakan molekul serabut panjang dengan rantai polipeptida yang memanjang pada satu sumbu dan tidak berlipat menjadi globular. Protein globular ini terdiri dari suatu rantai panjang polypeptide. Protein ini biasanya memberikan peranan struktural atau pelindung.

Beberapa contoh protein serabut antara lain adalah collagen, yang ditemukan dalam tulang rawan atau tulang lembut, pembuluh darah, acuan/matriks tulang, urat daging, sirip dan kulit; elastins. Hal tersebut adalah suatu komponen nadi/jalan utama dan ikatan sendi; dan keratins, di mana protein jenis ini bersifat melindungi seperti kulit dan timbangan.

Pengelompokkan protein lainnya adalah diklasifikasikan berdasarkan pada sifat fisis atau disebut juga kedalam protein yang digolongkan berdasarkan penggolongan lain. Protein jenis ini dapat dikelompokkan ke dalam protein sederhana, protein gabungan dan protein asal.

- **Protein sederhana** adalah protein yang pada saat dihidrolisis hanya menghasilkan asam amino-asam amino atau derivat-derivatnya. Protein jenis ini antara lain adalah albumin (zat putih telur), zat serum dari darah, lactoalbumin dari susu, leucosin dari gandum; albuminoids (keratin dari rambut, kuku jari tangan, bulu, wol, sutera fibroin, elastin dari jaringan/tisu menghubungkan collagen dari tulang rawan dan tulang); globulins (edestin dari biji-rami, serum globulin dari darah, lactoglobulin dari susu, legumin dari kacang polong); histones (globin dari hemoglobin, scombrone dari spermatozoa sejenis ikan air tawar); dan protamins (salmine dari ikan salem, scombrine dari sejenis ikan air tawar). Kelompok ini dibedakan oleh daya larut dalam

berbagai bahan pelarut seperti air, larutan garam, alkohol, dan oleh karakteristik lain.

- **Protein gabungan** adalah protein sederhana bergabung dengan radikal non protein. Protein jenis ini antara lain adalah nukleoprotein, glykoprotein, phosphoprotein, hemoglobins, dan lecithoproteins. Nukleoproteins adalah gabungan dari satu atau lebih molekul protein dengan asam nukleat yang disajikan dalam semua nucleus sel. Glykoprotein adalah gabungan dari molekul protein dan unsur yang berisi suatu karbohidrat selain dari asam nukleat atau lesitin misalnya mucin. Phosphoprotein adalah gabungan molekul protein dengan zat yang mengandung phosphor selain dari asam nukleat atau lecithin misalnya kasein. Hemoglobin adalah gabungan molekul protein dengan hematin atau zat-zat yang sejenis. Lecithoprotein adalah gabungan molekul protein dengan lecithin misalnya jaringan fibrinogen.
- **Protein asal** adalah protein yang berasal dari protein bermolekul tinggi yang mengalami degradasi karena pengaruh panas, enzim, atau zat-zat kimia. Protein yang termasuk kedalam golongan ini terdiri dari protein primer misalnya protean dan protein sekunder misalnya protease, pepton, peptida.

Pengelompokkan protein yang ketiga adalah pengelompokkan protein berdasarkan struktur protein. Seperti diketahui bahwa semua protein

adalah polipeptida dengan berat molekul yang besar. Suatu peptida yang mengandung lebih dari 10 asam amino dinamakan dengan polipeptida. Peptida ini mempunyai satu gugus α -asam amino bebas dan satu gugus α -karboksi bebas. Berdasarkan strukturnya protein dikelompokkan menjadi struktur primer, struktur sekunder, struktur tersier, dan struktur kwarternner.

- **Struktur Primer** merupakan struktur rangkaian asam amino yang memanjang pada suatu rantai polypeptida. Sebagai contoh, peptide Leu-Gly-Thr-His-Arg-Asp-Val mempunyai suatu struktur yang utama berbeda dari peptide Val-Asp-His-Leu-Gly-Arg-Thr.
- **Struktur sekunder** merupakan asam amino dalam rangkaian polipeptida yang membentuk suatu lilitan misalnya dalam bentuk α heliks atau lembaran berlipat β . Struktur sekunder α heliks kerangka peptida secara ketat mengelilingi sumbu panjang molekul dan gugus R residu asam amino dibiarkan mengarah keluar dari heliks dan kaya akan residu sistein yang dapat memberikan jembatan disulfida. Konformasi yang stabil α heliks dari rantai polipeptida karena adanya ikatan peptida yang berada pada bidang datar, tidak berotasi dan pembentukan banyak ikatan. Struktur sekunder lembaran berlipat β membentuk zigzag dan tidak ada ikatan hidrogen dalam rantai polipeptida yang berdekatan. Gugus R mengarah keluar dari struktur zigzag. Pada struktur ini tidak dijumpai jembatan disulfida

diantara rantai bersisian dan rantai polipeptida yang berdekatan biasanya mempunyai arah yang berlawanan atau bersifat anti paralel.

- **Struktur tersier** merupakan bentuk tiga dimensi dari semua atom di dalam molekul protein. Interaksi antara residu asam amino yang jauh pada suatu rantai polypeptide memimpin ke arah lipatan dan suatu penyesuaian yang berbentuk rantai polypeptide bulat yang mengumpamakan tiga satuan bentuk dimensional, sebagai contoh, myoglobin.
- **Struktur kwarterner** merupakan bentuk protein yang terdiri dari dua atau lebih rantai polypeptide menjadi bagian dari molekul protein tunggal. Yang biasanya terjadi seperti dimers, trimers, tetramers, terdiri dari dua, tiga, dan empat rantai polypeptide. Polypeptide menjaga kesatuan oleh ikatan kimia lemah, sebagai contoh, hemoglobin molekul terdiri dari dua rantai α dan dua rantai β . Masing-masing globin rantai di dalam hemoglobin terikat untuk suatu kelompoknya, yang berfungsi mengangkut oksigen ke jaringan badan. Protein kwarterner mudah dirusak oleh berbagai manipulasi dengan akibat kehilangan aktivitas biologi. Kehilangan aktivitas ini disebut denaturasi yang secara fisik denaturasi ini dapat dipandang sebagai suatu perubahan konfirmasi rantai polipeptida yang tidak

mempengaruhi struktur primernya.

Asam amino

Dalam menyusun komposisi pakan ikan saat ini para peneliti sudah melakukan penyusunan komposisi pakan berdasarkan kebutuhan asam amino setiap jenis ikan. Hal ini dikarenakan komposisi kebutuhan asam amino setiap jenis ikan sangat berbeda dan sangat menentukan laju pertumbuhan dari ikan yang dibudidayakan. Asam amino merupakan bahan dasar yang dihasilkan dari proses pemecahan atau hidrolisis dari protein. Asam amino ini membangun blok protein. Istilah amino datang dari $-NH_2$ atau suatu kelompok amino yang merupakan bahan dasar alami dan asam datang dari perbandingan $-COOH$ atau suatu kelompok karboxyl, oleh karena itu disebutlah asam amino. Dalam molekul protein asam amino membentuk ikatan peptida (ikatan antara amino dan kelompok karboxyl) di dalam rantai yang panjang disebut rantai polipeptida. Ada banyak asam amino di alam tetapi hanya dua puluh yang terjadi secara alami. Asam amino sangat dibutuhkan oleh ikan untuk tumbuh dan berkembang. Dalam pengelompokkannya dibagi menjadi dua yaitu asam amino essensial dan nonessensial. Asam amino secara umum ditulis dengan satu atau tiga huruf yang dapat dilihat pada Tabel 5.3.

Tabel 5.3. Nama dan singkatan asam amino (Millamena, 2002)

| Asam amino | Singkatan tiga huruf | Singkatan satu huruf |
|--------------------------------|----------------------|----------------------|
| Asam amino essensial | | |
| Arginin | Arg | R |
| Histidin | His | H |
| Isoleucin | Ile | I |
| Leucin | Leu | L |
| Lysin | Lys | K |
| Methionin | Met | M |
| Phenylalanin | Phe | F |
| Threonin | Thr | T |
| Tryptophan | Trp | W |
| Valin | Val | V |
| Asam amino nonessensial | | |
| Alanin | Ala | A |
| Asparagin | Asn | N |
| Asam Aspartad | Asp | D |
| Cystein | Cys | C |
| Asam Glutamat | Glu | E |
| Glutamin | Gln | Q |
| Glycin | Gly | G |
| Prolin | Pro | P |
| Serin | Ser | S |
| Tyrosin | Tyr | Y |

Asam amino di golongan menjadi asam amino essensial dan asam amino non essensial. Asam amino essensial adalah asam amino yang tidak bisa dibuat atau disintesis oleh organisme mendukung pertumbuhan maksimum dan dapat menjadi penyuplai dari asam amino. Kapasitas dari pakan ikan memiliki kandungan asam amino yang dibutuhkan ikan berbeda-beda. Esensialitas dari suatu asam amino akan tergantung pada ikan yang diberi pakan. Sebagai contoh, glycine diperlukan oleh ayam tetapi

bukanlah penting bagi ikan. Asam amino non esensial yaitu asam amino yang dapat dibentuk atau disintesis dalam jaringan dan tidak perlu ditambahkan dalam komposisi pakan.

Asam amino dapat juga digolongkan berdasarkan komposisi kimia menurut Millamena (2002) adalah sebagai berikut:

1. Asam amino alifatik
 - Basic terdiri dari : arginine dan lysin

- Acidic terdiri dari : asam aspartic dan asam glutamic
 - Netral terdiri dari : leucin , isoleucine, valine, alanine, glycine, methionine, chysteine, threonine dan serine.
2. Asam amino aromatic terdiri dari: phenylalanine dan tyrosine
 3. Asam amino heterocyclic terdiri dari histidine, tryptophan dan proline

Asam amino esensial

Ada sepuluh asam amino esensial (EAA) yang diperlukan oleh pertumbuhan ikan yaitu: arginin, histidin, isoleucin, leucin, methionin, phenylalanin, threonin, tryptophan dan valin. Kesepuluh asam amino ini merupakan senyawa yang membangun protein dan ada beberapa asam amino merupakan bahan dasar dari struktur atau unsur lain. Methionin adalah prekursor dari cystein dan cystin. Methionin juga sebagai penyalur metil (CH₃). Beberapa kelompoknya terdiri dari creatin, cholin, dan banyak unsur lain. Jika suatu basa hydrogen (OH) ditambahkan ke phenylalanin, maka tyrosin dibentuk. Tyrosin diperlukan untuk hormon thyroxin, epinephrin dan norepinephrin dan melanin pigmen. Arginin menghasilkan ornithin ketika urea dibentuk dalam siklus urea. Perpindahan suatu karboksil (COOH) digolongkan dalam bentuk histamin. Tryptophan adalah prekursor dari serotonin atau suatu vitamin, asam nikotinik. Semua ikan bersirip membutuhkan ke sepuluh asam amino esensial.

Asam amino non esensial

Asam amino non esensial yang dibutuhkan untuk ikan adalah: alanine, asparagie, asam aspartad, cyestin, asam glutamat, glutamin, glycin, prolin, serin dan tyrosin. Asam amino non esensial asam amino yang dapat secara parsial menggantikan atau memberikan asam amino yang sangat dibutuhkan atau harus ada dalam komposisi pakan.

Metabolisme Asam Amino

Metabolisme asam amino meliputi sintesis dan pemecahan protein, protein dalam pakan pertama kali dicerna didalam lambung dan asam klorida yang terdapat dalam lambung akan memberikan medium asam yang dapat mengaktifasi pepsin dan renin untuk membantu mencerna protein. Pepsin memecah protein dalam gugus yang lebih sederhana yaitu protease dan pepton dan akhirnya akan dipecah menjadi asam amino. Protein kemudian diserap kedalam usus dalam bentuk asam amino.

Metabolisme asam amino umumnya dapat terjadi dalam tiga lintasan, yaitu 2 lintasan proses katabolisme asam amino yang merupakan proses degradasi dan glukoneogenesis, serta satu lintasan proses anabolisme asam amino yang merupakan proses sintesa protein. Ada 20 asam amino dalam protein. Bila selama sintesis protein, satu dari asam amino hilang, maka sintesis protein terhenti. Karena sintesis dan degradasi terus menerus dari protein adalah khas untuk semua bentuk kehidupan. Sintesis protein dikode

oleh DNA (kode genetik) yang terdapat di inti mitokondria. Tersedianya asam amino harus mencerminkan distribusinya dalam protein. Bila tidak, sintesis protein dibatasi oleh nutrien.

Asam-asam amino terutama diperlukan dalam sintesis protein tubuh dan senyawa-senyawa lain yang secara fisiologis penting bagi metabolisme, misalnya hormon-hormon dan neurotransmitter. Pada umumnya kelebihan asam amino akan segera dikeluarkan oleh deaminasi oksidatif dan rangka karbonnya diubah menjadi asetil atau aseto-asetil Ko A, piruvat, atau salah satu dari zat antara siklus asam trikarboksilat yang kemudian dioksidasi menjadi energi. Namun dalam beberapa kasus tertentu akan diubah menjadi glukosa dan lemak. Ikan mengekskresikan amonia bebas dan disebut sebagai amonitik.

Amonia adalah toksik terhadap sistem syaraf pusat oleh mekanisme yang belum seluruhnya dimengerti tetapi tampaknya melibatkan pembalikan jalan glutamat dehidrogenase dan akibatnya kekurangan ketoglutarat, zat antara yang diperlukan dalam siklus asam trikarboksilat. Asam sitrat dan garam-garamnya bersifat sangat tidak larut serta mengendap dalam jaringan dan cairan bila konsentrasinya melampaui beberapa miligram per 100 ml. Karena itu tidak ada produk akhir dari metabolisme nitrogen yang dapat ditolelir dengan baik oleh organisme tingkat tinggi.

Asam amino yang berlebihan dari yang diperlukan untuk sintesis

protein dan biomolekul lainnya tidak dapat disimpan dalam tubuh maupun diekskresikan keluar tubuh. Kelebihan asam amino cenderung digunakan untuk bahan bakar. Sebelum memasuki siklus asam trikarboksilat untuk menghasilkan energi asam amino harus didegradasi terlebih dahulu. Degradasi asam amino terjadi dalam dua tahap utama. Tahap pertama adalah deaminasi oksidatif, merupakan tahap pengubahan asam amino menjadi zat antara yang dapat memasuki siklus asam trikarboksilat, dan gugus amino. Tahap ke dua adalah tahap oksidasi zat dalam siklus asam trikarboksilat menjadi CO_2 dan H_2O .

Tempatnya pemecahan asam amino adalah hati. Gugus α amino dari banyak asam amino mula-mula akan dipindahkan ke α keto glutarat untuk membentuk asam glutamat yang kemudian mengalami deaminasi oksidatif membentuk ion NH_4^+ . Enzim aminotransferase mengkatalisis pemindahan suatu gugus α amino dari suatu asam amino α kepada keto. Enzim-enzim ini disebut juga transaminase, umumnya menyalurkan gugus α amino dari berbagai asam amino kepada α -ketoglutarat untuk diubah menjadi NH_4^+ (ion amonium). Ion amonium dibentuk dari glutamat dengan deaminasi oksidatif. Reaksi dikatalisis oleh enzim glutamat dehidrogenase yang tidak biasa karena dapat menggunakan NAD^+ maupun NADP^+ . Aktivitas glutamat dehidrogenase diatur secara alosterik. Guanosisin trifosfat (GTP) dan Adenosin Trifosfat (ATP) adalah inhibitor alosterik, sedangkan

Guanosin Difosfat (GDP) dan Adenosin Difosfat (ADP) adalah aktivator alosterik. Jadi penurunan muatan energi akan mempercepat oksidasi asam amino.

Dalam proses katabolisme protein maka akan dihasilkan amonia sebagai hasil deaminasi oksidatif, zat ini merupakan bahan yang bersifat racun dan harus dikeluarkan dari tubuh. Pada makhluk hidup sebagian besar dikeluarkan melalui dua jalan kecil dalam tubuhnya yaitu :

- Amonia dengan asam glutamat dalam hati, untuk membentuk glutamin membutuhkan ATP, ditranspot ke ginjal dan kemudian dipisahkan kembali menjadi glutamat dan amonia. Akhirnya dieksresikan ke urin sebagai garam amonium (NH_4^+ .)
- Amonia dengan karbondioksida untuk membentuk carbamil, yang kemudian difosforilasi menjadi karboksil fosfat, sebuah reaksi yang membutuhkan dua ATP. Karboksil fosfat kemudian masuk ke dalam siklus ornithin urea. Ikan-ikan yang memiliki paru-paru (lungfish), pada musim kering menjadi ikan darat dan mengeksresikan urea untuk menghemat air.

Kebutuhan asam amino essensial dalam pakan ikan

Pakan ikan sangat dibutuhkan bagi ikan yang dibudidayakan dalam suatu wadah budidaya. Fungsi utama pakan ini adalah sebagai penyedia energi bagi aktifitas sel-sel tubuh. Dalam tubuh ikan energi yang berasal dari pakan

dipergunakan untuk proses hidupnya yaitu tumbuh, berkembang dan bereproduksi. Dalam tubuh ikan berisi sekitar 65-75% protein pada suatu basis berat kering. Protein sangat menentukan dalam menyusun formulasi pakan ikan. Asam amino yang berasal dari protein ini sangat diperlukan oleh berbagai sel untuk membangun dan memperbaiki jaringan rusak. Kelebihan Asam amino digunakan sebagai sumber energi atau dikonversi ke lemak. Informasi tentang kebutuhan protein kotor ikan menjadi nilai yang menentukan dan data tentang kebutuhan asam amino untuk setiap ikan penting karena mutu protein sangat bergantung kepada komposisi asam amino nya dan penyerapannya. Penentuan tentang kebutuhan asam amino sangat penting karena akan sangat membantu dalam melakukan perancangan diet uji amino yang digunakan untuk menentukan kebutuhan asam amino yang diperlukan bagi ikan.

Protein dalam pakan ikan akan saling keterkaitan dengan zat nutrien lainnya, misalnya protein bersama dengan mineral dan air merupakan bahan baku utama dalam pembentukan sel-sel dan jaringan tubuh. Protein bersama dengan vitamin dan mineral ini berfungsi juga dalam pengaturan suhu tubuh, pengaturan keseimbangan asam basa, pengaturan tekanan osmotik cairan tubuh serta pengaturan metabolisme dalam tubuh. Oleh karena itu ikan yang dibudidayakan harus memperoleh asam amino dari protein makanannya secara terus menerus yang sangat diperlukan

bagi pertumbuhan sel dan pembentukan jaringan tubuhnya. Melalui sistem peredaran darah, asam amino ini diserap oleh seluruh jaringan tubuh yang memerlukannya. Pertumbuhan somatik, pertumbuhan kelanjir reproduksi, perkembangan dan pembangunan jaringan baru ataupun perbaikan jaringan yang rusak selalu membutuhkan protein secara optimal yang terutama diperoleh dari asam-asam amino esensial yang bersumber dari pakan ikan yang dikonsumsi.

Ikan tidak mempunyai kebutuhan protein yang mutlak namun untuk menunjang pertumbuhannya ikan membutuhkan suatu campuran yang seimbang antara asam-asam amino esensial dan non esensial. Protein yang dibutuhkan ikan dipengaruhi faktor-faktor yang bervariasi seperti ukuran ikan, temperatur air, kecepatan pemberian pakan, ketersediaan dan kualitas pakan alami, kandungan energi keseluruhan yang dapat dihasilkan dari pakan dan kualitas protein.

Kualitas pakan dikatakan rendah apabila kadar asam-asam amino esensial dalam proteinnya juga rendah. Pemilihan bahan dan komposisi bahan-bahan yang digunakan dalam pembuatan pakan akan sangat menentukan kelengkapan dan keseimbangan antara asam-asam amino esensial dan tak esensial. Ikan dapat tumbuh normal apabila komposisi asam amino esensial dalam pakan tak jauh berbeda (mirip) dengan asam amino dalam tubuhnya. Oleh karena itu adanya variasi keseimbangan antara asam amino esensial dan non

esensial dalam pakan diharapkan dapat memacu pertumbuhan ikan.

Cepat tidaknya pertumbuhan ikan ditentukan oleh banyaknya protein yang dapat diserap dan dimanfaatkan oleh tubuh sebagai zat pembangun. Oleh karena itu agar ikan dapat tumbuh secara normal, pakan harus memiliki kandungan energi yang cukup untuk memenuhi kebutuhan energi metabolisme sehari-hari dan memiliki kandungan protein yang cukup tinggi untuk memenuhi kebutuhan pembangunan sel-sel tubuh yang baru.

Keseimbangan antara energi dan kadar protein sangat penting dalam laju pertumbuhan, karena apabila kebutuhan energi kurang, maka protein akan dipecah dan digunakan sebagai sumber energi. Pemakaian sebagian protein sebagai sumber energi ini akan menghambat pertumbuhan ikan, mengingat protein sangat berperan dalam pembentukan sel baru.

Pemberian pakan yang tepat dengan kisaran nilai kalori/energi yang memenuhi persyaratan bagi pertumbuhan ikan dan dengan kandungan gizi yang lengkap akan dapat meningkatkan nilai retensi protein. Retensi protein merupakan gambaran dari banyaknya protein yang diberikan, yang dapat diserap dan dimanfaatkan untuk membangun ataupun memperbaiki sel-sel tubuh yang rusak, serta dimanfaatkan bagi metabolisme sehari-hari.

Dalam proses pencernaan, protein akan dipecah menjadi bentuk-bentuk yang lebih sederhana yaitu asam

amino dan dipeptida. Ada dua jenis enzim yang terlibat dalam proses pencernaan protein, yaitu enzim endopeptidase yang berfungsi memutuskan ikatan peptida pada rantai polipeptida dan enzim eksopeptidase yang berfungsi memutuskan gugus fungsional karboksil (-COOH) dan amina (-NH₂) yang dimiliki protein. Asam amino dan dipeptida dapat masuk ke dalam aliran darah dengan cara transport aktif.

Kualitas protein berbeda-beda tergantung pada jenis dan jumlah asam amino penyusunannya. Penentuan kualitas protein dapat dilakukan dengan membandingkan komposisi asam amino esensial yang dikandung bahan makanan dengan standar kebutuhan asam amino esensial pada hewan uji.

Persentase terendah dari kandungan asam amino esensial pada makanan terhadap pola standar tersebut dinamakan sebagai skor asam amino. Adapun yang dimaksud dengan asam amino esensial pembatas adalah asam amino esensial yang mempunyai persentase terendah yang terkandung dalam suatu protein bahan makanan.

Dalam penyusunan komposisi bahan-bahan pembuat pakan ikan, harus diperhitungkan terlebih dahulu kelengkapan asam amino esensial pada bahan dan kebutuhan tiap jenis ikan terhadap asam amino esensial dan non esensial. Kebutuhan setiap jenis ikan terhadap asam amino esensial dan non esensial berbeda-beda, sehingga perlu

dipertimbangkan adanya keseimbangan antara asam-asam amino esensial dan non esensial yang terkandung pada protein bahan dasar pembuat pakan ikan tersebut. Tidak semua bahan makanan yang merupakan sumber protein hewani maupun nabati mengalami defisiensi asam amino yang sama. Oleh karena itu, defisiensi pada salah satu asam amino pada suatu bahan dapat disubstitusi dengan asam amino yang sama dari bahan yang berbeda.

Arginin merupakan asam amino yang sangat diperlukan bagi pertumbuhan optimal ikan muda. Disamping berperan dalam sintesis protein, arginin juga berperan dalam biosintesis urea.

Histidin merupakan asam amino esensial bagi pertumbuhan larva dan anak-anak ikan. Histidin diperlukan untuk menjaga keseimbangan nitrogen dalam tubuh.

Perubahan-perubahan konsentrasi *isoleisin*, *leusin* dan *valin* dalam serum dipengaruhi oleh peningkatan kadar protein pakan. Peningkatan konsentrasi dari salah satu asam amino berantai cabang ini, misalnya leusin, akan memberikan pengaruh pada konsentrasi isoleisin dan valin dalam serum. Pengamatan ini memberikan indikasi leusin mungkin mampu mempermudah jaringan tubuh dalam menyerap asam-asam amino berantai cabang.

Lisin merupakan asam amino esensial pembatas dalam protein nabati. Defisiensi lisin dalam pakan ikan dapat menyebabkan kerusakan pada sirip ekor (nekrosis), yang

apabila berkelanjutan dapat menyebabkan terganggunya pertumbuhan. Tingkat penggunaan lisin dipengaruhi oleh kadar arginin, urea dan amonia. Ketika terjadi degradasi arginin, maka penggunaan lisin akan meningkat.

Metionin (essensial) dan sistein (non essensial) merupakan asam amino yang mengandung sulfur. Sistein mampu mereduksi sejumlah metionin yang diperlukan bagi pertumbuhan optimal. Kebutuhan metionin pada ikan biasanya berkaitan dengan kadar metionin dalam serum dan kadar makanan yang dicerna. Metionin juga merupakan asam amino pembatas dalam beberapa bahan makanan sumber protein nabati. Defisiensi metionin dapat mengakibatkan penyakit katarak pada rainbow trout.

Fenil alanin (essensial) dan tirosin (non essensial) keduanya mempunyai struktur kimia yang mirip sehingga keduanya bisa saling menggantikan. Fenil alanin dan tirosin diklasifikasikan sebagai asam amino aromatik. Keduanya diperlukan dalam jumlah yang cukup untuk mendorong sintesis protein dan fungsi-fungsi fisiologis lain pada ikan. Ikan mampu dengan segera mengubah fenil alanin menjadi tirosin atau menggunakan tirosin untuk melakukan metabolisme yang diperlukan bagi asam amino fenil alanin tersebut. Oleh karena itu untuk menentukan kebutuhan asam amino aromatik khususnya fenil alanin, dalam pengujian haruslah digunakan bahan pangan tanpa tirosin atau berkadar tirosin rendah.

Triptofan merupakan asam amino pembatas dalam bahan makanan sumber protein nabati. Defisiensi triptofan pada ikan salmon menyebabkan lordosis dan skoliosis sedangkan pada ikan rainbow trout menyebabkan nekrosis pada sirip ekor, kerusakan pada operculum insang dan katarak pada mata. Selain menyebabkan penyakit pada mata, defisiensi triptofan juga akan meningkatkan kadar kalsium, magnesium, sodium dan potasium dalam ginjal dan hati ikan.

Kebutuhan asam amino essensial dan nonessensial pada ikan sangat ditentukan oleh jenis bahan baku pembuatan pakan. Hal ini dapat mengakibatkan kekurangan asam amino esensial yang disebabkan oleh penggunaan komposisi pakan yang kandungan proteinnya sedikit atau tidak mencukupi kebutuhan asam amino esensial. Dapat juga disebabkan adanya bahan kimia yang dapat mempengaruhi komposisi pakan, pemanasan yang berlebih saat pembuatan pakan dan penguapan dari pakan tersebut. Ketidakseimbangan asam amino kaitannya dengan asam amino yang saling bertentangan atau asam amino yang berbahaya yang dapat menyebabkan pertumbuhan pada ikan tidak optimal. Pertentangan asam amino terjadi ketika asam amino yang diberikan melebihi jumlah yang dibutuhkan. Hal ini dapat meningkatkan kebutuhan asam amino lain yang serupa. Contohnya adalah pertentangan leucin dengan isoleucin dan arginin dengan lisin yang diamati pada beberapa jenis ikan. Asam amino bersifat racun apabila diberikan

dengan jumlah yang berlebih. Efek negatif yang ditimbulkan tidak dapat diperbaiki dengan penambahan asam amino ke dalam komposisi pakan.

Di dalam perumusan komposisi pakan, komposisi pakan yang direkomendasikan tentang asam amino esensial harus dengan hati-hati dalam memilih dan mengkombinasikan dua atau lebih sumber protein. Keterbatasan kandungan asam amino dalam salah satu sumber asam amino dapat dilengkapi dengan sumber lain yang melimpah dengan kandungan asam amino yang sama sehingga menjadi suatu pakan yang lebih baik. Cara lain untuk mengetahui kebutuhan

asam amino esensial dari suatu organisme adalah dengan penambahan pada komposisi pakan dengan asam amino L kristal. Pelarutan nutrisinya dapat diperkecil dengan penggunaan pakan yang mengandung air stabil sehingga dapat menghemat penggunaan pengikat atau memanfaatkannya dalam praktek pemberian pakan. Sejauh ini kebutuhan asam amino esensial dalam makanan yang dibutuhkan oleh ikan dan jumlah yang dibutuhkan pada ikan budidaya telah ditetapkan pada beberapa jenis ikan berdasarkan hasil penelitian. Kebutuhan asam amino esensial pada beberapa jenis ikan dapat dilihat pada Tabel 5.4.

Tabel 5.4. Kebutuhan asam amino esensial pada beberapa jenis ikan dalam % protein pakan (Akiyama et al, 1997)

| Jenis ikan | Arg | His | Leu | Lys | Met + Cys | Phe + Tyr | Thr | Trp | Val | Ile |
|-----------------|-----|-----|-----|-----|-----------|-----------|-----|-----|-----|-----|
| Chum Salmon | 6,5 | 1,6 | 3,8 | 5,0 | 3,0 | 6,3 | 3,0 | 0,7 | 3,0 | 2,4 |
| Chinook Salmon | 6,0 | 1,8 | 3,9 | 5,0 | 4,0 | 5,1 | 2,2 | 0,5 | 3,2 | 2,2 |
| Coho Salmon | 3,2 | 0,9 | 3,4 | 3,8 | 2,7 | 4,5 | 2,0 | 0,5 | 2,2 | 1,2 |
| Channel Catfish | 4,3 | 1,5 | 3,5 | 5,1 | 2,3 | 5,0 | 2,2 | 0,5 | 3,0 | 2,6 |
| Common carp | 4,3 | 2,1 | 3,3 | 5,7 | 3,1 | 6,5 | 3,9 | 0,8 | 3,6 | 2,5 |
| Catle | 4,8 | 2,5 | 3,7 | 6,2 | 3,4 | 6,2 | 5,0 | 1,0 | 3,6 | 2,4 |
| Nile Tilapia | 4,2 | 1,7 | 3,4 | 5,1 | 3,2 | 5,5 | 3,8 | 1,0 | 2,8 | 3,1 |
| Milk Fish | 5,3 | 2,0 | 5,1 | 4,0 | 3,3 | 5,2 | 4,5 | 0,6 | 3,6 | 4,0 |
| Japanese eel | 4,5 | 2,1 | 5,3 | 5,3 | 3,2 | 5,8 | 4,0 | 1,1 | 4,0 | 4,0 |
| Rainbow trout | 3,5 | 1,6 | 4,4 | 5,3 | 2,7 | 5,2 | 3,4 | 0,5 | 3,1 | 2,4 |
| Yellow tail | 3,9 | 2,6 | 4,7 | 5,3 | 2,4 | 4,5 | 2,9 | 0,7 | 3,0 | 2,6 |
| White surgeon | 4,8 | 2,3 | 4,3 | 5,4 | 2,2 | 5,3 | 3,3 | 0,3 | 3,3 | 3,0 |
| Red drum | 3,7 | 1,7 | 4,7 | 5,7 | 2,9 | 4,5 | 2,8 | 0,8 | 3,1 | 2,9 |

Kebutuhan asam amino pada ikan seperti tabel diatas diperoleh dengan cara melakukan penelitian. Menurut Millamena (2002) ada dua metoda yang digunakan untuk menentukan apakah suatu asam amino tersebut

termasuk dalam kelompok asam amino esensial dan non esensial yaitu:

- Metoda pertumbuhan
- Metoda radio isotop.

Metoda pertumbuhan digunakan oleh Halver (1957) untuk mengetahui penggunaan satu rangkaian asam amino diet uji yang berisi kristal L-amino sebagai sumber nitrogen. Pakan dirumuskan berdasarkan pada pola asam amino seperti protein telur ayam utuh, protein telur ikan Chinook, atau kantung kuning telur ikan Chinook. Untuk sepuluh amino, percobaan dilakukan dengan melakukan pemberian pakan dengan menggunakan pakan dasar yang berisi semua asam amino dan pakan uji yang tidak mengandung asam amino. Ikan uji dilakukan penimbangan berat badan setiap dua kali untuk mengukur pertumbuhan dan mengetahui pengaruh pakan uji tersebut. Selain itu sampel ikan uji juga diberi pakan yang kekurangan asam amino untuk melihat pertumbuhan yang terjadi dan dibandingkan dengan ikan yang diberi pakan dengan asam amino yang lengkap, setelah itu penyelidik menggunakan suatu diet test serupa untuk menentukan asam amino esensial yang lain pada ikan.

Pada Metoda rasio isotop yang digunakan oleh Cowey et al. (1970), ikan uji disuntik secara intraperitoneal dengan menggunakan radio aktif yang diberi label ^{14}C glukosa dan dibiarkan hidup dengan mengkonsumsi pakan alami selama 7 hari. Ikan uji kemudian dimatikan dan dibuat larutan yang homogen

dan melakukan isolasi protein. Dari hasil isolasi tersebut kemudian protein tersebut dilakukan hidrolisis dan asam amino yang diperoleh dipisahkan dengan menggunakan peralatan chromatografi dan menghitung radio aktifitas.

Evaluasi kualitas protein

Protein yang terdapat dalam suatu bahan pakan dapat dikatakan bermutu jika memberikan pertumbuhan positif pada ikan budidaya atau protein dikatakan mutunya tinggi apabila komposisi asam amino yang terkandung di dalamnya menyerupai bentuk asam amino yang dibutuhkan oleh ikan dan tingkat kecernaannya tinggi. Mutu protein biasanya dievaluasi dengan metode biologi dan kimia. Metode kimia menentukan kuantitas atau jumlah protein/asam amino pada bahan pakan sedangkan metode biologi dengan cara menentukan reaksi ikan terhadap protein dalam kaitannya dengan pertumbuhan dan pertahanan. Dalam metode biologi, berat tubuh dan nitrogen digunakan sebagai ukuran untuk mutu protein dimana metode biologi lebih akurat dibanding metode kimia. Menurut Millamena (2002) perhitungan Protein Effisiensi ratio (PER), nilai biologi (BV) dan kebutuhan protein bersih (NPU) adalah sebagai berikut:

Perbandingan Efisiensi Protein (PER)

$$\text{PER} = \frac{\text{Penambahan bobot (gram)}}{\text{Kandungan protein dalam pakan (gram)}}$$

Nilai Biologi (BV)

$$BV = \frac{\text{Nitrogen yang digunakan}}{\text{Nitrogen yang diserap}}$$

Dimana : R = Nitrogen yang digunakan
A = Nitrogen yang diserap

Dan : A = I - (F - Fo)
R = A - (U - Uo)

Dimana : I = Nitrogen yang diambil
F = Nitrogen dalam feses
Fo = Metabolisme nitrogen dalam feses
U = Nitrogen yang keluar bersama urine
Uo = Endogeneous nitrogen

$$BV = \frac{R}{A} \times 100 = \frac{I - (F - Fo) - (U - Uo)}{I - (F - Fo)} \times 100$$

Tidak cukup data dalam nilai biologi yang diperoleh untuk pengaturan pakan ikan dan sulit dalam penentuan metabolisme feses dan endogeneous nitrogen secara terpisah.

Penggunaan Protein Bersih

$$NPU = \frac{\text{Nitrogen yang digunakan}}{\text{Nitrogen yang diambil}} \times 100$$

dimana : NPU ditentukan dengan rumus sebagai berikut :

$$NPU = \frac{\text{Penambahan nitrogen pada pakan ikan} + \text{pengurangan nitrogen pada pakan ikan}}{\text{Nitrogen yang diambil dari pengujian protein}}$$

Kebutuhan protein pada ikan

Protein didalam tubuh sangat dibutuhkan untuk pemeliharaan, pembentukan jaringan, penggantian jaringan-jaringan tubuh yang rusak dan penambahan protein tubuh dalam proses pertumbuhan. Kebutuhan protein dalam pakan secara langsung dipengaruhi oleh jumlah dan jenis-jenis asam amino esensial, kandungan protein yang dibutuhkan, kandungan energi pakan dan faktor fisiologis ikan (Lovel, 1989). Protein dapat juga digunakan sebagai sumber energi jika kebutuhan energi dari lemak dan karbohidrat tidak mencukupi dan juga sebagai penyusun utama enzim, hormon dan antibodi. Oleh karena itu pemberian protein pada pakan ikan harus pada batas tertentu agar dapat memberikan pertumbuhan yang optimal bagi ikan dan efisiensi pakan yang tinggi. Selain itu protein sangat penting bagi kehidupan karena merupakan protoplasma aktif dalam semua sel hidup dan berperan sebagai instrumen molekuler yang mengekspresikan informasi genetik, unsur struktural didalam sel dan jaringan. Protein yang dibutuhkan ikan bersumber dari berbagai macam bahan dimana kualitas protein bahan bergantung pada komposisi asam amino.

Jumlah kebutuhan protein maksimum merupakan tingkat kualitas protein yang tinggi dalam kandungan pakan yang diperlukan untuk pertumbuhan maksimum. Untuk menentukan kebutuhan protein suatu jenis ikan dapat dilakukan dengan melakukan percobaan pemberian pakan yang akan membantu dalam penggunaan uji kandungan protein dari sumber yang nilai biologinya tinggi. Respon yang akan memberikan keuntungan dan daya tahan paling tinggi biasanya diperoleh dari komposisi pakan ikan terbaik. Protein yang terdapat dalam jaringan tubuh ikan dapat digunakan sebagai ukuran untuk menentukan kebutuhan protein. Cara ini dilakukan dengan menganalisis kandungan nitrogen dalam jaringan dengan interval dua minggu sampai tidak ada penurunan nitrogen yang tertahan pada jaringan.

Jumlah kandungan protein yang minimal dari suatu pakan untuk menghasilkan pertumbuhan maksimum sangat bergantung pada jenis ikan yang dibudidayakan. Berdasarkan penelitian beberapa spesies ikan kebutuhan kandungan protein pada ikan budidaya berkisar dari 27% sampai 60%. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 5.5.

Tabel 5.5. Tingkat kebutuhan protein optimal (% berat kering pakan) pada beberapa jenis ikan budidaya (Millamena, 2002)

| Jenis ikan | Sumber protein | Kadar protein optimal |
|----------------|-------------------------------------|-----------------------|
| Asian sea bass | Fish meal, soybean meal | 43 |
| Common carp | Fish meal, casein | 31 – 38 |
| Grouper | Tuna, muscle meal | 40 – 50 |
| | Fish meal, meat meal, shrimp meal | 43 |
| Japanese eel | Casein dan asam amino | 44 |
| Kuruma shrimp | Squid meal | 60 |
| | Casein + egg albumin | > 55 |
| Milk Fish | Fish meal, casein | 40 |
| | Casein, gelatin | 30 – 40 |
| | Fish meal, soybean dan cassava meal | 24 |
| Red sea bream | Casein | 55 |
| Snake head | Fish meal | 52 |
| Red snapper | Fish meal, soybean, squid meal | 44 |
| Tiger shrimp | Casein | 40 |
| | Fish meal, soybean, shrimp meal | 40 |
| Nile Tilapia | Fish meal, casein | 30 |
| | Fish meal | 28 |
| White shrimp | Fish meal, mussel meal, collagen | 34 – 42 |
| | Squid meal | 28 – 32 |
| Yellow tail | Fish meal, casein | 55 |
| Abalone | Soybean meal, rice bran | 27 |
| | Fish meal, squid meal | |

Sumber protein tinggi untuk ikan dapat diperoleh pada beberapa bahan baku antara lain adalah telur utuh, kasein, kombinasi kasein dan agar-agar. Beberapa faktor yang mempengaruhi kebutuhan protein untuk pertumbuhan ikan yang maksimum antara lain adalah : jenis, ukuran ikan atau umur, temperatur air, protein yang berkualitas seperti yang telah dikemukakan sebelumnya dengan mengetahui komposisi asam amino. Ikan yang berukuran lebih kecil mempunyai kebutuhan protein

lebih tinggi dibanding ikan yang lebih tua pada jenis ikan yang sama itu.

5.3. KARBOHIDRAT

Karbohidrat merupakan salah satu makro nutrien dan menjadi sumber energi utama pada manusia dan hewan darat. Pada ikan, tingkat pemanfaatan karbohidrat dalam pakan umumnya rendah pada khususnya hewan karnivora, karena pada ikan

sumber energi utama adalah protein. Ikan karnivora lebih sedikit mengkonsumsi karbohidrat dibandingkan dengan omnivora dan herbivora. Selain itu ikan yang hidup diperairan tropis dan air tawar biasanya lebih mampu memanfaatkan karbohidrat daripada ikan yang hidup diperairan dingin dan air laut. Ikan laut biasanya lebih menggunakan protein dan lemak sebagai sumber energi daripada karbohidrat, tetapi peranan karbohidrat dalam pakan ikan sangat penting bagi kehidupan dan pertumbuhan ikan. Berdasarkan hasil penelitian memperlihatkan bahwa ikan yang diberi pakan dengan kandungan protein tinggi tanpa karbohidrat dapat menyebabkan penurunan laju pertumbuhan dan retensi protein tubuh. Selain itu pakan yang mengandung karbohidrat terlalu sedikit akan menyebabkan terjadinya tingkat katabolisme protein dan lemak yang tinggi untuk mensuplai kebutuhan energi ikan dan menyediakan metabolisme lanjutan (intermedier) untuk sintesis senyawa biologi penting lainnya, sehingga pemanfaatan protein untuk pertumbuhan berkurang. Oleh karena itu pada komposisi pakan ikan harus ada keseimbangan antara karbohidrat, protein dan lemak, dimana ketiga nutrisi tersebut merupakan sumber energi bagi ikan untuk tumbuh dan berkembang.

Karbohidrat merupakan senyawa organik yang tersusun dari atom karbon (C), hidrogen (H) dan Oksigen (O) dalam suatu perbandingan tertentu. Karbohidrat berdasarkan analisa proksimat terdiri dari serat kasar dan bahan ekstrak

tanpa nitrogen. Karbohidrat biasanya terdapat pada tumbuhan termasuk pada gula sederhana, kanji, selulosa, karet dan jaringan yang berhubungan dan mengandung unsur C,H,O dengan rasio antara hidrogen dan oksigen 2:1 yang hampir serupa dengan H₂O dan kemudian dinamakan "karbohidrat". Formula umum karbohidrat adalah C_n (H₂O)₂.

Karbohidrat adalah sumber energi yang murah dan dapat menggantikan protein yang mahal sebagai sumber energi. Selain itu karbohidrat merupakan Protein sparing effect yang artinya karbohidrat dapat digunakan sebagai sumber energi pengganti bagi protein dimana dengan menggunakan karbohidrat dan lemak sebagai sumber bahan baku maka hal ini dapat mengurangi harga pakan. Pemanfaatan karbohidrat sebagai sumber energi dalam tubuh dapat juga dipengaruhi oleh aktivitas enzim dan hormon. Enzim dan hormon ini penting untuk proses metabolisme karbohidrat dalam tubuh seperti glikolisis, siklus asam trikarboksilat, jalur pentosa fosfat, glukoneogenesis dan glikogenesis. Selain itu dalam aplikasi pembuatan pakan karbohidrat seperti kanji, zat tepung, agar-agar, alga, dan getah dapat juga digunakan sebagai pengikat makanan (binder) untuk meningkatkan kestabilan pakan dalam air pada pakan ikan dan udang.

Klasifikasi Karbohidrat

Karbohidrat diklasifikasikan kedalam tiga kelompok yaitu monosakarida,

disakarida, dan polisakarida. Pembagian karbohidrat ini berdasarkan pada jumlah molekul pembentuknya, satu, dua atau beberapa unit gula sederhana. Disakarida dan polisakarida merupakan turunan (derivat) dari monosakarida. Monosakarida tidak dapat dihidrolisa lagi menjadi bentuk yang lebih sederhana. Disakarida dapat dihidrolisa menjadi dua molekul mono-sakarida, sedangkan polisakarida (termasuk) oligosakarida akan membentuk lebih dari tiga molekul monosakarida. Selain itu

karbohidrat dapat juga diklasifikasikan berdasarkan pada tingkat pencernaan, yaitu karbohidrat yang dapat dicerna, karbohidrat yang dapat dicerna sebagian dan karbohidrat yang tidak dapat dicerna. Gula, kanji, dextrin, dan glikogen adalah karbohidrat yang dapat dicerna, selulosa, serat kasar dan hemiselulosa adalah karbohidrat yang tidak dapat dicerna. Galaktogen, mannosan, inulin dan pentosa adalah termasuk karbohidrat yang dapat dicerna sebagian. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 5.6.

Tabel 5.6. Klasifikasi Karbohidrat (Millamena, 2002)

| Kelompok Karbohidrat | contoh |
|--|--|
| Monosakarida (satu unit glikosa) | Pentosa, Arabinosa, Ribosa, Xylosa, Xylulosa, Hexosa, Glucosa, Fruktosa dan Mannosa |
| Disakarida (dua unit glikosa) | Sukrosa, Maltosa, Laktosa |
| Oligosakarida (2-10 unit glikosa) | Raffinosa, Stachyosa, Verbascosa |
| Polisakarida (Glycan, > 10 unit glikosa) | Starch/kanji, dextrin, glycogen, cellulosa, hemicellulosa, lignin, chitin, pectin, gums and mucilages, alginat, agar, karageenan |

Monosakarida

Monosakarida adalah bentuk karbohidrat yang tidak dapat dihidrolisis menjadi bentuk yang sederhana lagi. Umumnya monosakarida diperoleh dari hasil hidrolisis senyawa tanaman yang lebih kompleks, larut dalam air dan rasanya manis. Monosakarida utama

yang terdapat dalam bentuk bebas dalam makanan adalah glukosa dan fruktosa. Glukosa, galaktosa, fruktosa dan mannosan merupakan bentukheksosa yang mempunyai makna fisiologis paling penting. Glukosa merupakan zat gula dalam tubuh yang dibawa oleh darah dan merupakan bentuk paling utama dalam jaringan. Hal ini dikarenakan

glukosa merupakan sumber energi yang paling cepat diserap didalam sel dan masuk kedalam darah dan akan dikatabolisme dalam proses glikolisis. Rumus empiris glukosa adalah $C_6H_{12}O_6$. Glukosa banyak terdapat dalam buah-buahan, jagung manis dan madu dalam bentuk D-Glukosa. D-Glukosa ini telah dihasilkan secara komersial dengan hidrolisis pati jagung yang menghasilkan sirup jagung dan kristal dekstrosa. D-Glukosa ini mempunyai peran penting dalam pakan dan metabolisme ikan serta merupakan gula darah pada semua hewan. Glukosa dapat disimpan didalam hati dan otot dalam bentuk glikogen. Fruktosa dapat diubah menjadi glukosa dalam hati, sedangkan galaktosa selain dapat diubah menjadi glukosa dalam hati juga dapat dimetabolisir. Mannosa merupakan unsur pembentuk senyawa glikoprotein.

Kebanyakan monosakarida diperoleh dengan hidrolisis unsur yang lebih kompleks. Hidrolisis adalah suatu reaksi kimia yang mana suatu unsur yang kompleks dipecah menjadi unsur yang lebih kecil dengan penambahan suatu katalisator. Monosakarida sering dikatakan sebagai bentuk dari suatu gula sederhana. Dua rangkaian gula sederhana secara komersial penting pentosa atau lima gula atom karbon dan hexoses atau enam gula atom karbon. Ribosa dan Dioxiribosa merupakan struktur RNA dan DNA. Pentosa mempunyai rumus yang umum $C_5 H_{10} O_5$. dan mempunyai komersial yang penting dalam bentuk aldopentosa silosa dan arabinosa. Silosa dibentuk dengan hidrolisis pada pentosa. Jumlah yang

pantas pada xilosa dibentuk dalam pembuatan bubur pada makanan melalui hidrolisis pada hemiselulosa. Arabino dihasilkan pada getah arabic dan dedak gandum. Hexosa mempunyai rumus umum $C_6H_{12}O_6$. Gula heksosa biasanya dalam bentuk : galactosa, dan glukosealdoses. Fruktosa adalah ketohexose alami penting dan karbohidrat paling manis. Rotan atau gula umbi manis (sukrosa) dihidrolisis, satu molekul dibentuk pada fruktosa dan satu molekul pada glukosa yang dibentuk. Laktosa tidak terjadi secara bebas di alam. Hidrolisis lactose atau gula susu menghasilkan galactose dan glukosa. Glukosa, Fructose, dan galactose mempunyai rumusan molekular yang sama tetapi susunan rumus mereka berbeda pengaturan di dalam suatu molekul.

Disakarida

Disakarida merupakan bentuk karbohidrat yang kalau dihidrolisis akan menghasilkan dua molekul monosakarida. Rumus molekul disakarida adalah $C_{12}H_{22}O_{11}$, dari rumus bangun ini memperlihatkan bahwa satu molekul air telah dipindahkan sebagai dua monosakarida yang telah dikombinasikan. Dengan hidrolisis mengakibatkan perpecahan molekul dan pembentukan hexoses. Ada tiga bentuk disakarida penting yaitu sukrosa, laktosa dan maltosa. Sukrosa, bentuk gula yang biasanya disebut juga dengan gula meja, terdiri dari satu molekul glukosa dan satu molekul fruktosa yang dinamakan dengan gula invert.

Sumber utama sukrosa sebagian besar dari tebu dan gula bit. Laktosa, atau gula susu, banyak diperoleh pada semua susu mamalia. Hasil hidrolisis laktosa akan menghasilkan sebuah molekul glukosa dan sebuah molekul galaktosa. Maltosa terjadi secara alami dalam benih zat tepung yang diproduksi tumbuhan. Maltosa dibentuk dari hidrolisis zat tepung dengan enzim α -amilase. Maltosa akan dihidrolisis lebih lanjut oleh enzim α -glucosidase menjadi dua molekul glukosa.

Polisakarida

Polisakarida merupakan bentuk karbohidrat yang kalau dihidrolisis akan menghasilkan lebih dari sepuluh molekul monosakarida. Polisakarida biasanya dibentuk oleh kombinasi hexosa atau monosakarida lain dan biasanya merupakan senyawa dengan molekular tinggi dan kebanyakan tidak dapat larut dalam air dan dipertimbangkan yang paling utama bahan gizi tumbuhan asli. Ketika hidrolisis dengan asam atau enzim, mereka dipecah ke dalam berbagai produk intermediate dan yang akhirnya ke dalam gula sederhana, polisakarida mempunyai formulasi umum $(C_6H_{10}O_5)_n$. Tiga bentuk polisakarida yang banyak terdapat dalam bahan baku pakan antara lain adalah pati, dextrin dan glikogen.

Pati/starch merupakan bentuk polisakarida yang banyak terdapat pada tumbuhan dan diperoleh di dalam akar umbi (kentang), rhizomes, dan biji-bijian. Bentuk ini merupakan sumber bahan makanan yang

termurah dan merupakan sumber energi bagi manusia dan hewan. Glikogen dihasilkan dari mamalia dan hewan lain dari glukosa di dalam darah dan diperoleh didalam jaringan otot dan hati. Glikogen merupakan bentuk penyimpanan pada karbohidrat pada hewan dan merupakan zat tepung di dalam tumbuhan. Sedangkan dekstrin merupakan hasil dari proses pemecahan hidrolisis pati menjadi maltosa. Dekstrin terdiri dari serangkaian senyawa dengan bobot molekul yang lebih rendah. Pada hewan dekstrin merupakan hasil pemisahan glukosa dari amilopektin yang meninggalkan residu percabangan yang disebut α -limit dekstrin, tersusun dari 8 – 10 glukosa. Didalam pakan, dekstrin merupakan substrat kesukaan organisme acidophilik dalam saluran pencernaan dan bila pakan mengandung dekstrin maka sintesis vitamin B dalam usus akan meningkat.

Selulosa adalah komponen struktur utama dalam tumbuhan pada dinding sel tumbuhan dan unsur yang paling berlimpah-limpah pada tumbuhan. Selulosa adalah unsur penting yang tidak dapat larut dan dapat didegradasi oleh enzim menjadi beberapa unit glukosa dan bisa dihidrolisis dengan asam kuat. Hemiselulosa merupakan polisakarida yang terdiri atas suatu campuran unit hexosa dan pentosa. Jika dihidrolisis hemiselulosa menghasilkan glukosa dan sebuah pentosa, biasanya silosa yang merupakan komponen utama pada dinding sel tumbuhan. Tidak seperti selulosa, hemiselulosa lebih sedikit

bersifat resisten terhadap degradasi kimia dan dapat dihidrolisis dengan cairan asam .

Lignin ditemukan dalam tongkol jagung dan porsir akar yang berserat. Lignin merupakan struktur kompleks yang terdiri dari karbon-karbon yang saling berikatan dengan eter yang mana bersifat resisten terhadap alkali dan asam. Chitin merupakan komponen struktur utama menyangkut eksoskeleton kaku pada hewan tak bertulang punggung seperti serangga, binatang berkulit keras dan juga terjadi dalam sel ganggang, ragi dan jamur adalah polysaccharida dengan atom zat hidrogen seperti halnya C,H dan O yang terdiri atas N-acetil D-glukosamin. Chitin mempunyai peran struktural dan suatu jumlah dari kekuatan mekanis yang dapat menghentikan ikatan hidrogen. Peptin ditemukan terutama antara dinding sel tumbuhan dan mungkin juga sebagai penyusun dinding sel itu sendiri. Peptinase tidak dapat dihidrolisis dengan enzim pectinase mamalian tetapi dicerna oleh aksi mikrobial. Tindakan itu disadap dengan air panas atau air dingin dan membentuk suatu "gel" (agar-agar). Alginates, agar dan caragenan merupakan hasil ekstraksi dari rumput laut seperti *Glacillaria sp* dan *Kappaphycus sp*.

Pemanfaatan Karbohidrat Pakan oleh Ikan

Karbohidrat pakan umumnya berbentuk senyawa polisakarida, disakarida dan monosakarida. Karbohidrat tersebut berasal dari tumbuhan (zat tepung, serat,

selulosa dan fruktosa) dan dari hewan (mangsa) berbentuk glikogen. Ikan tidak memiliki kelenjar air liur (salivary gland) sehingga proses pencernaan karbohidrat pada ikan dimulai dibagian lambung. Pencernaan karbohidrat secara intensif terjadi disegmen usus yaitu dengan adanya enzim amilase pankreatik. Pada segmen usus, amilum (zat tepung) dan glikogen akan dihidrolisis oleh enzim amilase menjadi maltosa dan dekstrin, Kemudian maltosa dan dekstrin ini akan dihidrolisa oleh enzim laktase atau sukrose menghasilkan galaktosa, glukosa dan fruktosa. Pada dinding usus, galaktosa dan fruktosa akan diubah menjadi glukosa. Dalam bentuk glukosa itulah karbohidrat dapat diserap oleh dinding sel (enterosit) lalu masuk kedalam pembuluh darah.

Ikan tidak memiliki enzim pencerna karbohidrat yang memadai di dalam saluran pencernaannya, sehingga nilai kecernaan karbohidrat pakan umumnya rendah. Aktivitas enzim amilase dalam menghidrolisa pati pada ikan omnivora seperti ikan tilapia dan ikan mas lebih tinggi daripada ikan karnivora seperti ikan rainbowtrout dan yellowtail. Nilai kecernaan karbohidrat ini sangat dipengaruhi oleh sumber dan kadar karbohidrat dalam pakan serta jenis dan ukuran ikan. Nilai kecernaan beberapa sumber karbohidrat oleh beberapa ikan budidaya dapat dilihat pada Tabel 5.7 Karbohidrat yang berstruktur kompleks memiliki nilai kecernaan yang rendah daripada karbohidrat yang berstruktur sederhana. Perbedaan sumber pati juga dapat menyebabkan perbedaan nilai kecernaan karbohidrat dan

bergantung juga pada rasio amilosa/amilopektin. Dimana semakin tinggi rasio amilosa/amilopektin maka pencernaan karbohidrat semakin tinggi. Beberapa perlakuan yang biasa dilakukan pada saat membuat pakan ikan adalah dengan melakukan pengukusan pati dimana dengan melakukan

pengukusan maka akan dapat meningkatkan nilai pencernaan dari karbohidrat tersebut. Hal ini dikarenakan pengukusan dapat menyebabkan sel-sel pati menjadi lunak dan pecah sehingga lebih mudah dicerna.

Tabel 5.7. Nilai pencernaan karbohidrat berdasarkan kadar dan sumbernya oleh beberapa ikan budidaya (Wilson, 1994).

| Jenis ikan | Sumber | Kadar Karbohidrat pakan (%) | Nilai pencernaan (%) |
|-----------------------|-----------------------------|-----------------------------|----------------------|
| Rainbow Trout | Dekstrin | 20 | 77,2 |
| | | 60 | 45,5 |
| | Tepung ubi kukus | 20 | 69,2 |
| | | 60 | 26,1 |
| | Tepung dikukus | 11,5 | 90,0 |
| | | 40,2 | 48,2 |
| | | 20 – 60 | 99 – 100 |
| Channel catfish | Glukosa | 20 – 60 | 99 – 100 |
| | Sukrosa | 20 – 60 | 99 – 100 |
| | Laktosa | 20 – 60 | 94 – 97 |
| | Tepung jagung tidak dikukus | 12,5 | 72,8 |
| | | 25 | 60,9 |
| | | 50 | 55,1 |
| Tepung jagung dikukus | 12,5 | 83,1 | |
| | 25 | 78,3 | |
| | 50 | 66,5 | |
| Mas | Tepung ubi tidak kukus | ? | 55,0 |
| | Tepung ubi dikukus | ? | 85,0 |

Karbohidrat berserat dalam wujud bahan kimia sangat sukar dicerna oleh beberapa jenis ikan dan tidak membuat suatu kontribusi yang baik kepada kebutuhan gizi ikan. Tingkatan kebutuhan serat kasar dalam tubuh ikan diperlukan secara

khas dan terbatas kurang dari 7%. Ketersediaan berbagai formulasi karbohidrat pada komposisi nilai yang gizi belum jelas, karbohidrat yang dapat dicerna (karbohidrat dengan bobot molekul kecil dan panjang rantai lebih pendek seperti

glukosa). Pada ikan mas dan ikan air tawar lainnya dapat memanfaatkan karbohidrat lebih efektif dibandingkan dengan ikan air laut. Ikan air laut lebih efektif menggunakan glukosa dan dekstrin sebagai sumber zat tepungnya. Udang windu menggunakan zat tepung lebih baik dengan glukosa dan dextrin.

Kebutuhan optimum Karbohidrat Pakan

Pertumbuhan ikan budidaya secara maksimal dapat tercapai jika kondisi lingkungan pemeliharaan dan makanan terjamin secara optimum. Fungsi utama karbohidrat sebagai sumber energi di dalam pakan harus berada dalam kondisi yang seimbang antara ketiga makro nutrien (protein, lemak dan karbohidrat). Pakan yang mengandung karbohidrat terlalu tinggi dapat menyebabkan menurunnya pertumbuhan ikan budidaya. Beberapa penelitian telah menunjukkan pertumbuhan ikan dan tingkat efisiensi pakan yang rendah bila kandungan karbohidrat dalam pakannya tinggi.

Ikan sebagai organisme air kurang mampu memanfaatkan karbohidrat sebagai sumber energi utama dalam pakannya dibandingkan dengan hewan darat dan manusia, namun dari hasil beberapa penelitian hewan air seperti ikan masih sangat membutuhkan karbohidrat dalam komposisi pakannya. Pada ikan rainbowtrout yang diberi pakan dengan kandungan protein tinggi, terjadi laju glukoneogenesis yang

tinggi, sedangkan yang diberi pakan dengan kandungan protein rendah dan karbohidrat tinggi didapatkan laju glukoneogenesis yang rendah (Cowey *et al*, 1977). Kebutuhan karbohidrat untuk setiap jenis dan ukuran ikan juga dipengaruhi oleh kandungan lemak dan protein pakan. Pakan yang mengandung karbohidrat dan lemak yang tepat dapat mengurangi penggunaan protein sebagai sumber energi yang dikenal dengan *Protein Sparing Effect*. Terjadinya *Protein Sparing Effect* oleh karbohidrat dapat menurunkan biaya produksi pakan dan mengurangi pengeluaran limbah nitrogen ke lingkungan.

Kebutuhan karbohidrat pakan bagi pertumbuhan ikan budidaya bervariasi menurut spesies, sumber karbohidrat dan kondisi lingkungannya (Tabel 5.8.). Pada tabel tersebut jelas terlihat bahwa ikan karnivora umumnya mempunyai kemampuan yang lebih rendah dalam memanfaatkan karbohidrat pakan dibandingkan dengan ikan omnivora atau herbivora. Penyebab rendahnya kemampuan ikan dalam memanfaatkan karbohidrat pakan tersebut antara lain disebabkan oleh nilai pencernaan sumber karbohidrat, aktivitas enzim karboksilase ikan, kemampuan penyerapan glukosa serta kemampuan sel memanfaatkan glukosa dalam darah. Secara umum kandungan karbohidrat pakan yang dapat dimanfaatkan secara optimal oleh ikan karnivora berkisar antara 10 – 20%, ikan omnivora dapat memanfaatkan karbohidrat pakan secara optimal pada tingkat 30 – 40% dalam pakannya.

Tabel 5.8 Kebutuhan optimum karbohidrat dalam pakan untuk pertumbuhan beberapa ikan budidaya.

| Jenis ikan | Karbohidrat pakan (%) | Sumber karbohidrat | References |
|-----------------|-----------------------|--------------------|---|
| Ekor kuning | 10 | Dekstrin | Shimeno <i>et al</i> (1996) |
| Seabream merah | 20 | Dekstrin | De Silva dan anderson (1995) |
| Rainbow trout | 10 | Dekstrin | De Silva dan anderson (1995) |
| Kakap putih | 20 | Tepung terigu | Catacuta dan Coloso (1997) |
| Kerapu | 9 | Tepung terigu | Shiau dan Lan (1996) |
| Channel catfish | 30 | Dekstrin | Wilson (1994) |
| Mas | 40 | Dekstrin | Wilson(1994),Shimeno <i>et al</i> (1996) |
| Tilapia | 40 | Dekstrin | Wilson (1994),Shimeno <i>et al</i> (1996) |

5.4. LIPID

Lipid adalah senyawa organik yang tidak dapat larut dalam air tetapi dapat diekstraksi dengan pelarut nonpolar seperti kloroform, eter dan benzena. Senyawa organik ini terdapat didalam sel dan berfungsi sebagai sumber energi metabolisme dan sebagai sumber asam lemak esensial yang mempunyai fungsi spesifik dalam tubuh seperti untuk struktur sel dan pemeliharaan integritas membran-membran yang hidup. Fungsi lain dari lipid antara lain adalah sebagai komponen utama struktur sel, penyimpan bahan bakar metabolik, untuk mengangkut bahan bakar, sebagai pelindung dinding sel dan juga sebagai komponen pelindung kulit vertebrata. Lipid terdiri dari lemak, minyak, malam dan senyawa-senyawa lain yang ada hubungannya.

Lipid merupakan komponen penting dalam pakan ikan karena lipid dapat

dijadikan sebagai sumber energi bagi ikan selain protein dan karbohidrat. Lipid berbeda dengan lemak. Perbedaan antara lemak dan minyak adalah pada titik cairnya, lemak cenderung lebih tinggi titik cairnya, molekulnya lebih berat dan rantai molekulnya lebih panjang. Oleh karena itu lipid merupakan salah satu sumber asam lemak esensial yang tidak bisa disintesa oleh ikan. Sebagai sumber energi, lipid telah ditunjukkan untuk memberikan beberapa protein untuk pertumbuhan. Lipid juga sumber penting sterol, fosfolipid, dan vitamin lemak yang dapat larut. Asam lemak dari lipid mungkin juga bertindak sebagai pendahulu pada steroid hormon dan prostaglandin.

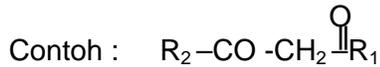
Klasifikasi Lipid

Berdasarkan struktur molekulnya lipid dapat diklasifikasikan kedalam tiga kelompok yaitu :

- Lipid sederhana, kelompok ini disebut juga dengan nama homolopida yaitu suatu bentuk ester yang mengandung karbon, hidrogen dan oksigen. Jika dihidrolisis. Lipid yang termasuk kedalam kelompok ini hanya menghasilkan asam lemak dan alkohol. Lipid sederhana ini dapat dibagi menjadi dua golongan yaitu :
 - Lemak : senyawa ester lemak dengan gliserol. Lemak dalam keadaan cair disebut minyak.
 - Lilin/malam/waks : senyawa ester asam lemak dengan alkohol monohidrat yang berbobot molekul tinggi
 - Lipid kompleks, kelompok ini berupa ester asam lemak dengan alkohol yang mengandung gugus lain. Lipid kompleks dibagi menjadi tiga golongan yaitu :
 - Fosfolipid : kelompok lipid yang selain asam lemak dan alkohol, juga mengandung residu asam fosfat. Lemak ini sering mempunyai basa yang mengandung nitrogen dan substituen lain, seperti gugus alkohol berupa gliserol dalam gliserofosfolipid dan gugus alkohol yang berupa sfingosin dalam sfingofosfolipid.
 - ikolipid (Glikosfingolipid) : kelompok lipid yang mengandung asam lemak, sfingosin dan karbohidrat.
 - Bentuk lipid kompleks lainnya: Sulfolipid dan aminolipid dan lipoprotein
 - Prekursor dan derivat lipid : asam lemak, gliserol, steroid, senyawa alkohol disamping gliserol serta sterol, aldehid lemak, badan keton dan berbagai hormon. Karena tidak bermuatan asilgliserol (gliserida), kolesterol dan ester kolesterol dinamakan lemak netral (Meyes, 1999).
- Klasifikasi Lipid menurut Millamena *et al* (2002) dapat dikelompokkan menjadi :
- **Triglycerides** atau lemak yang dibentuk oleh reaksi gliserol dengan molekul asam lemak sehingga disebut glycerides. Dengan begitu ketika suatu triglyceride dihidrolisis, 3 molekul asam lemak dan 1 molekul gliserol dibentuk. Triglycerides tidak menjadi komponen pada bio membran tetapi mereka terakumulasi pada adipose atau jaringan lemak. Triglyceride merupakan bentuk utama pada binatang yang menyimpan energi.
 - **Phospholipids** adalah ester pada asam lemak dan asam phosphor (H_3PO_4) dan basa nitrogen. Senyawa campuran tersebut biasa asam phosphatidic. Beberapa Phospholipids yang penting adalah phosphatidyl choline (lecithin), phosphatidyl ethanolamine (cephalin), phosphatidyl serine, dan phosphatidyl inositol. Mereka adalah komponen utama membran biologi.
 - **Waxes** adalah ester pada rantai panjang asam lemak dengan berat molekul tinggi alkohol monohydric. Seperti trigly-cerides, waxes merupakan sumber nergi yang disimpan dalam tumbuhan dan binatang dan bertindak

melindungi mantel. Waxes padat pada temperature lingkungan.

Beberapa ester pada rantai alcohol yang panjang, R_1-CH_2OH dan rantai panjang asam lemak, R_2-COOH



Beberapa ester,



- **Steroids** adalah rantai panjang alcohol yang biasa pada polycyclic. Merupakan tanda pada jenis kelamin atau hormon lain pada ikan dan udang dan secara biologi sangat penting dalam proses reproduktif. Steroid mempunyai beberapa struktur umum yang terdiri dari sistem fused-ring. Kolesterol secara fisiologi adalah sterol penting dan tersebar luas dalam membran biologi, terutama dalam binatang.
- **Sphingomyelins** tidak berisi glycerol, tetapi zat asam yang mengandung lemak ester membutuhkan rantai amino alcohol sphingosine. Lipid ini merupakan lipid komponen otak dan jaringan syarat pertumbuhan pada binatang.

Fungsi umum dari lipid

Fungsi yang umum adalah:

- Sumber energi berkenaan dengan metabolisme, adenosine triphosphate (ATP). Kandungan energi lipid berisi kira-kira dua kali lebih dari energi protein dan karbohidrat.

- Sumber dari asam lemak esensial (EFA) yang penting untuk pertumbuhan dan kelangsungan hidup ikan. EFA tidak bisa disintesis oleh organisme air dan akan disintesis jika jumlahnya tidak cukup untuk pertumbuhan dan harus disediakan pada pakan ikan, misalnya : asam arachidonik (ARA), asam eicosapentaenoic (EPA), dan asam decosahexaenoic (DHA) adalah asam lemak esensial yang sangat penting di dalam pakan ikan dan krustasea.
- Komponen selular yang penting dan selaput subselular, misalnya: phospholipid dan asam lemak polyunsaturated (PUFA).
- Sumber steroid yang melaksanakan fungsi penting seperti pemeliharaan sistem selaput, transportasi lipid dan prekursor dari hormon steroid.

Asam lemak

Salah satu unsur penting dari lipid adalah asam lemak. Asam lemak ini ada juga yang menyebutkan sebagai lipid dengan makna fisiologis. Berdasarkan kandungan unsurnya asam lemak mempunyai rumusan yang umum yaitu $CH_3(CH_2)_nCOOH$, dimana: n variasi dari 0 sampai ke 24 dan pada umumnya suatu bilangan genap. Asam lemak diberi suatu nama umum disamping formulasi bahan kimianya dan singkatan stenografi. Di dalam tatanama asam lemak, sebuah asam lemak diidentifikasi dengan formula: A:B *n*-3, A:B *n*-6, A:B *n*-9, kadang-kadang

ditulis dengan huruf ω (omega) dimana, A adalah banyaknya atom carbon dan banyaknya ikatan ganda, $n-3$, $n-6$, $n-9$ adalah posisi ikatan ganda dari metil berakhir pada asam lemak. Sebagai contoh tujuan kuantitatif untuk palmitoleic atau asam hexadecenoic adalah 16:1 $n-7$ yang ini berarti bahwa asam palmitoleic mempunyai 16 karbon dan berisi pada ikatan rangkap terdapat pada posisi karbon ketujuh karbon.

Berdasarkan jumlah ikatan rangkap pada asam lemak maka asam lemak dapat dikelompokkan menjadi dua yaitu asam lemak jenuh dan asam lemak tidak jenuh. Asam lemak jenuh adalah asam lemak yang tidak mengandung ikatan rangkap. Sedangkan asam lemak tidak jenuh adalah asam lemak yang mengandung satu atau lebih ikatan rangkap. Asam lemak jenuh terdiri dari unsur Carbon dari 1 – 24 yaitu format (1), asetat (2), propionat (3), butirrat (4), valerat (5), kaproat (6), kaprilat/oktanoat (8), kaprat/dekanoat (10), laurat (12), miristat (14), palmitat (16), stearat (18), arakidat (20), behenat (22), lignoserat (24). Angka yang terdapat didalam kurung merupakan jumlah atom Carbon yang terdapat pada unsur asal lemak. Pada asam lemak tidak jenuh dapat dikelompokkan kedalam enam kelompok berdasarkan jumlah ikatan rangkapnya yaitu :

- Satu ikatan rangkap disebut dengan monoeat, antara lain adalah palmitat/ ω_7 (16 : 1;9), oleat/ ω_9 (18 : 1;9), elaidat/ ω_9 (18 : 1;9) , erusat/ ω_9 (22 : 1;9), nervonat/ ω_9 (24 : 1;13)

- Dua ikatan rangkap disebut asam dienoat, yaitu linoleat/ ω_6 (18 : 2;9.12)
- Tiga ikatan rangkap disebut dengan asam trienoat antara lain adalah g.Linolenat/ ω_6 (18 : 3; 6.9.12) dan a.Linolenat/ ω_3 (18 : 3;9.12.15)
- Empat ikatan rangkap disebut asam tetraenoat, antara lain adalah arakidonat/ ω_6 (20 : 4;5.8.11.14)
- Lima ikatan rangkap disebut asam pentanoat, antara lain adalah Timnodonat/ ω_3 (20 : 5 ; 5.8.11.14.17) dan Klupanodonat/ ω_3 (22 : 5; 7.10.13.16.19)
- Enam ikatan rangkap disebut dengan asam Heksanoat antara lain adalah Servoat/ ω_3 (22 : 6; 4.7.10.13.16.19)

Dari pengklasifikasian asam lemak tersebut diatas dapat dilihat dari penulisan angka-angka dibelakang koma, urutan pertama menyatakan banyaknya jumlah atom Carbon, urutan kedua adalah banyaknya ikatan rangkap pada unsur asam lemak, sedangkan pada urutan terakhir adalah letak/lokasi ikatan rangkap terdapat pada rantai Carbon beberapa, misalnya asam lemak Arakidonat/ ω_6 (20 : 4; 5.8.11.14), rumus bangun asam lemak tersebut terdiri dari Carbon sebanyak 20 buah, jumlah ikatan rangkapnya adalah 4 buah, letak ikatan rangkap tersebut terdapat pada Carbon ke 5, 8, 11 dan 14.

Berdasarkan Millemena (2002) pengelompokan asam lemak dapat dibagi menjadi empat berdasarkan kejenuhannya yaitu *Saturated*, *Unsaturated*, *Polyunsaturated* dan

Highly Unsaturated. Untuk lebih dan Tabel 5.10. jelasnya dapat dilihat pada Tabel 5.9

Tabel 5.9 Nama umum asam lemak

| Nama umum | Nama kimia | Notasi singkat |
|----------------------------------|-----------------------|--------------------|
| <i>Saturated</i> | | |
| Fomat | | 1 : 0 |
| Asetat | | 2:0 |
| Propionat | | 3:0 |
| Butirat | Asam butanoat | 4:0 |
| Valerat | Asam pentanoat | 5:0 |
| Caproat | Asam heksanoat | 6:0 |
| Caprilat | Asam oktanoat | 8:0 |
| Caprat | Asam dekanat | 10:0 |
| Laurat | Asam dodekanoat | 12:0 |
| Miristat | Asam tetradekanoat | 14:0 |
| Palmitat | Asam heksadekanoat | 16:0 |
| Stearat | Asam oktadekanoat | 18:0 |
| Arachidat | | 20:0 |
| Behenat | | 22:0 |
| Lignoserat | | 24:0 |
| <i>Unsaturated</i> | | |
| Asam Palmitoleat | Asam heksadesenoat | 16 :1 <i>n</i> -7 |
| Asam oleat | Asam oktadesenoat | 18 : 1 <i>n</i> -9 |
| <i>Polyunsaturated</i> | | |
| Asam Linoleat | Asam oktadekadienoat | 18 : 2 <i>n</i> -6 |
| Asam Linolenat | Asam oktadekatrinoat | 18 : 3 <i>n</i> -3 |
| <i>Highly Unsaturated</i> | | |
| Asam arakidonat | Asam eikosatetraenoat | 20 : 4 <i>n</i> -6 |
| Asam eikosapentanoat | | 20 : 5 <i>n</i> -3 |
| Asam dokosaheksanoat | | 22 : 6 <i>n</i> -3 |

Tabel 5.10. Kelompok Asam lemak Unsaturated/tidak jenuh (Millemena, 2002)

| Klas | Keluarga | Notasi singkat | Rumus bangun |
|-------------|-----------|--|---|
| <i>n</i> -9 | Oleat | 18 : 1 <i>n</i> -9 20 : 1 <i>n</i> -9 | CH ₃ -(CH ₂) ₇ -CH=CH-(CH ₂) ₇ -COOH |
| <i>n</i> -6 | Linoleat | 18 : 2 <i>n</i> -6 18 : 3 <i>n</i> -6 20 : 3 <i>n</i> -6 20 : 4 <i>n</i> -6 22 : 4 <i>n</i> -6 | CH ₃ -(CH ₂) ₄ -CH=CH-CH ₂ -CH=CH-(CH ₂) ₇ -COOH |
| <i>n</i> -3 | Linolenat | 18 : 3 <i>n</i> -3 20 : 5 <i>n</i> -3 22 : 5 <i>n</i> -3 | CH ₃ -CH ₂ -CH=CH-CH ₂ -CH=CH-CH ₂ -CH=CH-(CH ₂) ₇ -COOH |

Kebutuhan asam lemak pada ikan

Asam lemak yang dibutuhkan untuk pertumbuhan dan perkembangan ikan budidaya adalah asam lemak essensial yaitu asam lemak yang sangat diperlukan untuk menunjang pertumbuhan namun tubuh (hati) kurang mampu mensintesisnya oleh karena itu harus disuplai dari pakan. Sedangkan asam lemak essensial yaitu asam lemak yang dapat disintesa oleh tubuh. Asam lemak essensial (Essensial Fatty Acid/EFA) yang sangat diperlukan

ikan terdiri dari asam lemak linoleat, asam lemak linolenat, asam lemak Eicosapentanoat (EPA) dan asam lemak Dokosaheksanoat (DHA).

Komposisi asam lemak di dalam ikan adalah cenderung dipengaruhi oleh faktor seperti kadar garam, suhu dan makanan. Selain itu kebutuhan asam lemak essensial untuk setiap jenis ikan berbeda antar spesies terutama antara ikan air tawar dan air laut. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 5.11.

Tabel 5.11. Kebutuhan asam lemak essensial pada ikan (Watanabe, 1988)

| Jenis ikan | Jenis asam lemak | Kebutuhan (%) |
|-------------------------|--|-----------------|
| Rainbow Trout | 18 : 3 ω_3 | 1 |
| | 18 : 3 ω_3 | 0,8 |
| | 18 : 3 ω_3 | 20 % dari lipid |
| | ω_3 HUFA | 10% dari lipid |
| Carp | 18 : 2 ω_6 dan 18 : 3 ω_3 | 1 |
| Sidat | 18 : 2 ω_6 dan 18 : 3 ω_3 | 0,5 |
| Chum Salmon | 18 : 2 ω_6 dan 18 : 3 ω_3 | 1 |
| | ω_3 HUFA | 0,5 |
| Coho Salmom | Tri18 : 3 ω_3 | 1 – 2,5 |
| Ikan ayu | 18 : 3 ω_3 atau 20 : 5 ω_3 | 1 |
| <i>Tilapia zilli</i> | 18 : 2 ω_6 atau 20 : 4 ω_6 | 1 |
| <i>Tilapia nilotica</i> | 18 : 3 ω_6 | 0,5 |
| Seabream merah | ω_3 HUFA atau 20 : 5 ω_3 | 0,5 |
| Turbot | ω_3 HUFA | 0,8 |
| Yellow tail | ω_3 HUFA | 2 |
| Yamame | 18 : 3 ω_3 | 1 |
| Coregonus | 18 : 3 ω_3 | 0,5 |

Komposisi lemak tubuh sangat dipengaruhi oleh pakan ikan yang mengandung lemak, walaupun penambahan lemak pada pakan sebaiknya tidak lebih 18%. Tetapi dalam lemak pakan harus diperhatikan apakah terdapat komposisi asam lemak essensialnya. Sumber lemak bagi ikan dapat berasal dari berbagai bahan pakan yaitu minyak hewani atau minyak nabati, keduanya telah ditemukan dan bisa digunakan dalam makanan ikan. Komposisi asam lemak dari berbagai bahan baku pakan ikan dapat dilihat pada Tabel.. Jika dibandingkan dengan minyak nabati lain atau lemak minyak ikan

mengandung berbagai macam asam lemak unsaturated pada rantai karbon panjang (20 atau 22 panjangnya rantai karbon), kebanyakan dari sumber hewani memiliki asam lemak dari kelompok n-3 . Rantai panjang n-3 asam lemak biasanya menyusun 1/4 - 1/3 semua asam lemak di dalam minyak ikan, sedangkan, rantai panjang asam lemak di dalam kebanyakan minyak nabati jarang melebihi 5% dan sering kurang dari 1%. Kebutuhan lipid berkenaan dengan aturan makan ikan dapat diperoleh dari profil asam lemak.

Tabel 5.12. Komposisi asam lemak essensial pada berbagai sumber lipid (g/100g asam lemak) (Millamena, 2002)

| Sumber lipid | 18 : 2 n6 | 18 : 3 n3 | 20 : 5 n3 | 22 : 6 n3 |
|--------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Sumber Tanaman | | | | |
| Minyak jagung | 58 | 1 | 0 | 0 |
| Minyak kelapa | 2 | 0 | 0 | 0 |
| Minyak bijikapas | 53 | 1 | 0 | 0 |
| Minyak bijilin | 17 | 56 | 0 | 0 |
| Minyak palm | 10 | 1 | 0 | 0 |
| Minyak palm kernel | 2 | 0 | 0 | 0 |
| Minyak Rapeseed | 15 | 8 | 0 | 0 |
| Minyai kacang | 30 | 0 | 0 | 0 |
| Minyak kedele | 50 | 10 | 0 | 0 |
| Minyak bungamatahari | 70 | 1 | 0 | 0 |
| Sumber hewan laut | | | | |
| Minyak capelin | 5 | 0 | 7 | 5 |
| Minyak hati cod | 5 | 1 | 16 | 14 |
| Minyak hati cuttlefish | 1 | 2 | 12 | 18 |
| Minyak herring | 1 | 1 | 8 | 5 |
| Minyak hati pollack | 2 | 0 | 12 | 7 |
| Minyak salmon | 3 | 0 | 10 | 10 |
| Minyak Sardin | 3 | 1 | 13 | 10 |
| Minyak shortnect | 1 | 1 | 19 | 14 |
| Minyak Skipjack | 5 | 3 | 7 | 12 |
| Minyak hati cumi | 3 | 3 | 12 | 10 |

Ikan memerlukan asam lemak dari kelompok n-3 dan n-6 dalam komposisi pakannya. Jenis asam lemak yang sangat diperlukan bagi ikan budidaya adalah asam linolenat (18:3n-3), asam linoleat (18:2n-6), asam eicosapentaenoat (EPA, 20:5n-3) dan asam docosahexaenoat (DHA, 22: 6n-3). Kekurangan asam lemak essensial pada komposisi pakan ikan dapat menyebabkan penurunan pertumbuhan dan kondisi kekurangan asam lemak essensial dalam waktu yang brekepanjangan

akan menyebabkan kematian ikan budidaya. Asam lemak essensial (EFA) kebutuhan sangat berbeda antara satu jenis ikan dengan jenis ikan yang lainnya seperti telah dijelaskan pada Tabel diatas. Pada jenis ikan rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) memerlukan sekitar 1% 18:3n-3 dalam pakannya Kombinasi 18:3n-3 dan 18:2n-6 dalam berbagai proporsi tidak meningkatkan laju pertumbuhan atau konversi pakan ikan laut. Pada ikan karper (*Cyprinus carpio*), salah satu

jenis ikan budidaya air tawar yang paling lama dibudidayakan di dunia memerlukan jenis asam lemak dari kelompok kedua-duanya yaitu: 18:2n-6 dan 18:3n-3. Selain itu komposisi asam lemak dapat memberikan pertambahan berat badan yang terbaik dan konversi pakan yang baik dengan komposisi asam lemak campuran dari 1% 18:2n-6 dan 1% 18:3n-3 pada ikan belut (*Anguilla japonica*). Pada ikan budidaya air panas yang lain., membutuhkan antara 18:2n-6 dan 18:3n-3, tetapi pada level 0,5%. Pada ikan Herbivora didaerah tropis seperti Nila tilapia (*Tilapia nilotica*) membutuhkan asam lemak n-6 ataupun lebih dari n-3. kebutuhan asam lemak dalam komposisi pakan berkisar antara 18:2n-6 atau 20:4n-6 sebanyak 0,5% . Asam lemak n-3 (n-3 HUFA) adalah asam lemak esensial dari beberapa ikan air laut seperti red sea bream (*Chrysophrys majo*), dan ikan buntut kuning (*Seriola quinquerodiata*). Kebutuhan asam lemak polyunsaturated rantai yang panjang harus diberikan untuk menambah atom karbon atau melepas hidrogen dari pakan, sebagian besar ikan air laut air diperairan dingin membutuhkan asam lemak n-3 (Millamena, 2002).

Penelitian tentang asam lemak esensial dibutuhkan untuk ikan air panas dan spesies ikan di filiphina menunjukkan bahwa beberapa spesies membutuhkan asam lemak antara n-3 dan n-6 sementara lainnya hanya n-3. Pada ikan bandeng yang di budidayakan pada air laut dibutuhkan n-3 HUFA dan pertumbuhan yang terbaik didapatkan dengan menggunakan

antara linolenic (18:3n-3) atau n-3 HUFA sebagai sumber lipid. Ikan laut kakap pada stadia juvenil membutuhkan antara n-3 dan n-6 PUFA dengan kadar 0,5% dalam komposisi pakannya atau pada perbandingan n-3/n-6 dengan rasio 1,0. Ikan Grouper membutuhkan n-3 HUFA sekitar 1%. Pada juvenil udang windu (*Penaeus monodon*), sekitar 2,6% dari komposisi pakan PUFAny dapat meningkatkan pertumbuhan sedangkan komposisi 18:2n-6 lebih besar daripada 5% memiliki efek negatif pada pertumbuhan. Kemudian, spesies yang berbeda membutuhkan EFA yang berbeda dan perbedaan lebih jelas pada ikan air panas dari pada ikan air dingin.

Lemak pakan yang kekurangan asam lemak esensial akan memberikan dampak negatif bagi ikan budidaya. Hal ini dikarenakan lemak pakan yang tidak mengandung EFA akan mengakibatkan penurunan kandungan lemak pada hepatopankreas ikan carp. Akumulasi lemak pada hati hewan yang kekurangan EFA dapat mengganggu biosintesis lipoprotein. Selain itu berdasarkan hasil penelitian dari Watanabe (1988) kekurangan EFA akan sangat berpengaruh terhadap spawning/pemijahan rainbowtrout dan seabream merah, hal ini dikarenakan EFA berperan penting pada fisiologi reproduksi sebagai tokoferol pada ikan. Selain itu pada rainbowtrout dewasa yang memakan lemak kekurangan EFA pada usia tiga bulan sebelum telur matang, maka telur yang dihasilkan memiliki

daya tetas yang rendah. Dengan memberikan EFA sebanyak 1% yaitu asam lemak linoleat ternyata kondisi penetasan telur dapat ditingkatkan. Dampak negatif lainnya jika kekurangan EFA pada telur ikan yang telah dibuahi maka akan terjadi perubahan bentuk/deformasi tubuh dan larva menjadi abnormal. Dengan adanya perubahan bentuk tubuh, kecacatan larva maka pertumbuhan ikan tersebut akan terlambat.

Biosintesis Asam lemak

Lemak yang dikonsumsi oleh ikan akan dicerna didalam lambung akan dihidrolisis menjadi monogliserida dan asam lemak bebas dengan bantuan enzim lipase dan ditambah dengan proses saponifikasi dan emulsi oleh asam empedu dan lecithin dalam empedu. Akhir hidrolisis menjadi gliserol dan asam lemak. Berdasarkan studi secara *in vitro* pada ikan layang, ikan cod dan rainbow trout enzim lipase akan menghidrolisis triasilgliserol menjadi 2-monoasilgliserol dan asam lemak bebas. Hidrolisis 2-monoasilgliserol selanjutnya akan membentuk gliserol dan asam lemak bebas. Setelah dicerna selanjutnya akan dilakukan penyerapan, seperti diketahui bahwa asam lemak merupakan produk yang tidak larut dalam air maka asam lemak yang lebih rendah dan kolin akan diserap langsung didalam mukosa usus halus. Monogliserida dan asam lemak yang tidak larut diemulsi dan dilarutkan membentuk kompleks koloid yaitu misel yang masuk kedalam sel epitel. Monogliserida disintesis disel berepitel membentuk

triglyserida. Triglyserida dan sedikit fosfolipid dan kolesterol bebas akan berkombinasi membentuk Chylomicron, yaitu kompleks koloid yang besarnya 0,5 – 1,5 μm , Chylomicron ini diserap kedalam sistem lipatik dan selanjutnya lewat melalui kantong torakic menjadi sistem yang sistemik dan dengan cepat diangkut oleh hati dan jaringan untuk katabolisme dan cadangan energi. Rantai panjang asam lemak, gabungan triglyserida dilakukan penyimpanan pada suhu yang lama dalam bentuk energi dalam lemak atau jaringan adipose hewan. Ketika energi diperlukan dalam jumlah besar, asam lemak dipecahkan untuk menghasilkan energi.

5.5. VITAMIN

Vitamin berasal dari kata *vitamine* yang berarti zat hidup (*vital*) yang mengandung N (*amine*) atau disebut juga biokatalis. Vitamin merupakan senyawa organik dengan berat molekul rendah (berat molekulnya biasanya kurang dari 1000) dengan komposisi dan fungsi yang beragam yang sangat penting bagi kehidupan tetapi tidak dapat disintesis oleh tubuh. Vitamin termasuk kedalam komponen pelengkap yang mana kehadirannya dalam makanan sangat diperlukan untuk menormalkan pertumbuhan dan perawatan kesehatan dan ketidakcukupan dalam bahan makanan dapat mengakibatkan pengembangan kondisi spesifik *pathologic*. Istilah vitamin dengan kata lain adalah *dietary essential*

yaitu harus diberikan dari luar tubuh karena tubuh tidak dapat mensintesis sendiri. Jumlah vitamin yang dibutuhkan oleh ikan sangat sedikit dibandingkan dengan zat nutrisi lainnya tetapi kekurangan vitamin dalam komposisi pakan dapat menyebabkan gejala tidak normal pada ikan sehingga akan mengganggu proses pertumbuhannya. Kebutuhan ikan akan vitamin sangat ditentukan oleh faktor dalam maupun faktor luar antara lain adalah jenis dan ukuran ikan, laju pertumbuhan, komposisi pakan, kondisi fisiologis ikan serta lingkungan perairan dimana ikan itu hidup.

Klasifikasi Vitamin

Vitamin dapat dikelompokkan menjadi dua golongan menurut Tacon (1991) yaitu pertama vitamin yang larut dalam lemak terdiri dari vitamin A (retinol) , vitamin D (kolekalsiferol/ergokalsiferol), vitamin E (alfa tokoferol) dan vitamin K (menadion), kedua adalah vitamin yang larut dalam air terdiri dari vitamin B1 (Tiamin), vitamin B2 (Riboflavin), vitamin B3 (Niasin), vitamin B5 (asam pantotenat), vitamin B6 (piridoksin), vitamin B12 (kobalamin), biotin, asam folat, inositol, kolin dan vitamin C (asam askorbat).

Vitamin yang larut dalam lemak banyak terdapat dalam daging ikan, minyak ikan dan biji-bijian sebagai sumber minyak seperti kacang tanah, kacang kedelai dan sebagainya. Sekali diserap dalam tubuh, vitamin-vitamin tersebut

disimpan dalam hati atau jaringan-jaringan lemak seperti halnya lemak, vitamin memerlukan protein pengangkut untuk memindahkannya dari satu tempat ke tempat yang lain. Karena sifatnya yang tidak larut dalam air maka vitamin dalam kelompok ini tidak dapat dikeluarkan atau diekskresikan, akibatnya vitamin ini dapat ditimbun dalam tubuh bila dikonsumsi berlebihan/dalam jumlah banyak. Vitamin yang larut dalam lemak ini dapat diserap dengan efisien kalau terdapat penyerapan lemak yang normal. Begitu diserap, molekul vitamin tersebut diangkut di dalam darah dalam bentuk lipoprotein atau terikat dengan protein pengikat yang spesifik.

Vitamin-vitamin yang larut dalam air bergerak bebas dalam badan, darah dan limpa. Karena sifatnya yang larut dalam air, vitamin ini mudah rusak dalam pengolahan dan mudah hilang karena tercuci atau terlarut oleh air, keluar dari bahan. Selain itu sifat vitamin ini tidak stabil selama penyimpanan. Oleh karena itu harus tersedia dalam pakan secara terus menerus. Berbeda halnya dengan vitamin B12 yang dapat disimpan dalam hati selama beberapa tahun. Semua vitamin yang larut dalam air, kecuali vitamin C berfungsi sebagai koenzim atau kofaktor dalam reaksi enzimatik.

Vitamin A

Vitamin A atau retinol merupakan senyawa poliisoprenoid yang mengandung cincin sikloheksanil. Didalam tubuh, fungsi utama vitamin A dilaksanakan oleh retinol dan

kedua derivatnya yaitu retinal dan asam tetinoat. Senyawa tersebut terutama disimpan dalam bentuk ester retinol didalam hati (Steffens, 1989). Menurut Winarno (1997), vitamin A merupakan jenis vitamin yang aktif dan terdapat dalam beberapa bentuk yaitu vitamin A alkohol (retinol), vitamin A aldehida (retinal), vitamin A asam (asam retinoat) dan vitamin A ester (ester retinil).

Vitamin A mempunyai fungsi menjadikan penglihatan normal, dalam retina pada mata vitamin A dikombinasikan dengan protein khas membentuk pigmen penglihatan. Pigmen penglihatan ini berfungsi sebagai penerima dan transmisi cahaya dari mata ke otak. Vitamin A dibutuhkan untuk memelihara jaringan epitel lendir/cairan spesial dalam saluran reproduksi, kulit, tulang, saluran gastrointestin. Secara normal mata akan mengeluarkan cairan lemak kental yang disebut mukus (lendir). Cairan tersebut diproduksi oleh sel epitel mukosa, yang berfungsi untuk mencegah terjadinya infeksi pada mata. Mekanisme penglihatan terjadi karena fungsi vitamin A dan protein yang terjadi di dalam sel batang retina mata. Sel tersebut akan berfungsi dengan adanya rangsangan sinar yang berintensitas rendah dan bukan oleh adanya rangsangan warna. Komponen aktif yang berperan dalam proses penglihatan adalah senyawa retinol teroksidasi yaitu retinal atau vitamin A aldehid yang akan mengikat protein yang dikenal dengan nama opsin. Kompleks retinal opsin tersebut disebut Rodopsin, yang akan menyusun

membran sel batang. Pada saat rodopsin memperoleh rangsangan sinar, retinal akan beraksi melalui berbagai reaksi enzimatik dan memberikan rangsangan ke saraf optik dan seterusnya akan diteruskan ke otak.

Dalam bahan makanan vitamin A terdapat dalam bentuk karoten sebagai ester dari vitamin A dan sebagai vitamin A bebas. Keaktifan biologis karoten jauh lebih rendah dibandingkan dengan vitamin A, karena karoten merupakan sumber utama vitamin A. Sayuran dan buah-buahan yang berwarna hijau atau kuning biasanya banyak mengandung karoten. Ada hubungan langsung antara derajat kehijauan sayuran dengan karoten. Semakin hijau daun tersebut semakin tinggi kadar karotennya, sedangkan sayuran yang daun-daunannya berwarna pucat seperti selada dan kol sangat miskin dengan karoten. Sumber bahan yang kaya akan retinol terdapat pada minyak hati ikan (minyak hati ikan halibut 9000 ug/g, minyak hati ikan cod 180 ug/g) dan tepung hati hewan 25 – 100 ug/g. Bahan pakan yang berasal dari tumbuhan yang kaya akan vitamin A (retinol setara 1 ug/g berat basah) termasuk wortel tua = 20, bayam = 10, watercress = 5. Provitamin A yaitu β -karoten banyak terdapat dalam sayuran hijau dan secara praktisnya terdapat dalam wortel, ubi jalar dan waluh.

Jumlah vitamin A/retinol dalam sumber bahan dinyatakan dalam Internasional Unit (IU) atau Satuan Internasional (SI). 1 IU vitamin A

setara 0,344 ug retinol atau 0,6 ug beta karoten, jadi :

1RE = 1 ug retinol (3,33 IU) = 6 ug β-karoten (10 IU) = 12 ug karatenoid (10 IU).

Sumber vitamin A dibagi dalam tiga kelompok yaitu kandungan tinggi, sedang dan rendah. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 5.13.

Tabel 5.13. Penggolongan beberapa sumber Vitamin A (Flint (1981) dalam Winarno (1997)

| Tinggi (RE > 20000 ug/100g) | Sedang (RE 1000-20000 ug/100g) | Rendah (RE < 1000 ug/100g) |
|------------------------------------|---|--|
| Minyak ikan Minyak kelapa sawit | Hati kambing/domba Hati ayam Ubi jalar Wortel Bayam | Roti Daging (sapi) Kentang Ikan |

Vitamin A sangat dibutuhkan oleh ikan dan jumlah kebutuhan vitamin A pada beberapa spesies ikan berbeda. Kebutuhan vitamin A pada beberapa jenis ikan budidaya dapat dilihat pada Tabel 5.14.

Vitamin dalam tubuh ikan berperan dalam penglihatan, mata, permukaan epitel serta membantu proses pertumbuhan. Peranan retinol untuk penglihatan normal sangat penting karena penglihatan mata sangat tergantung oleh adanya rodopsin, suatu pigmen yang mengandung retinol. Pada kondisi kekurangan vitamin A, sel epitel mukosa mata

tidak mampu memproduksi mukus, tetapi akan mengeluarkan protein yang tidak larut dalam air yang disebut keratin. Apabila keadaan tersebut terjadi secara terus menerus, maka sel-sel membran akan menjadi kering dan mengeras, yang disebut dengan keratinisasi. Xerophthalmia adalah keadaan kekurangan vitamin A, mula-mula konyugasi mata mengalami keratinasi, kemudian kornea mata juga terpengaruh dan bila dibiarkan berlanjut akan menjadi buta. Beberapa gejala kekurangan vitamin A pada ikan dapat dilihat pada Tabel 5.15.

Tabel 5.14 Kebutuhan vitamin A beberapa spesies ikan budidaya (Tacon, 1987 dan 1991)

| Jenis ikan | Status pemeliharaan/ wadah/vitamin | Kebutuhan | Referensi |
|--|------------------------------------|-----------------|------------------|
| Ikan Mas (<i>Cyprinus carpio</i>) | Dalam ruangan/ tangki/bahan murni | 4000–20000IU/kg | Aoe dkk, 1968 |
| Channel catfish (<i>Ictalurus punctatus</i>) | Dalam ruangan/ tangki/bahan murni | 1000–2000 IU/kg | Dupre, 1970 |
| Channel catfish (<i>Ictalurus punctatus</i>) | Dalam ruangan/ tangki/bahan murni | 2000–2500 IU/kg | Halver, 1972 |
| Rainbow trout | - | 2500–5000 IU/kg | Halver, 1972 |
| Rainbow trout | - | 2000–2500 IU/kg | Kitamura, 1967 |
| Salmon | Dalam ruangan/ tangki/bahan murni | R | Halver, 1972 |
| Ikan Guppy | - | 2000–4000 IU/kg | Shim & Tan, 1989 |

Tabel 5.15. Kekurangan vitamin A pada beberapa jenis ikan (Tacon 1987&1991)

| Jenis ikan | Gejala defisiensi |
|--|---|
| Salmon | Pertumbuhan lambat, xerophthalmia, epitel kornea menjadi keruh dan mengental, degenerasi retina |
| Ikan mas (<i>Cyprinus carpio</i>) | Anoexia, warna tubuh menjadi kusam, pendarahan pada sirip dan kulit, xerophthalmia, abnormal/melengkung pada bagian operculum |
| Channel catfish (<i>Ictalurus punctatus</i>) | Depigmentasi, mata menonjol dan buram (xerophthalmia), oedema, atropia, pendarahan pada ginjal, mortalitas meningkat |
| Guppy (<i>Poecilia reticulata</i>) | Pertumbuhan menurun, efisiensi pakan buruk |

Vitamin A dalam pemberiannya pada ikan sebaiknya tidak berlebihan, karena berdasarkan hasil penelitian dalam Tacon (1991), pemberian vitamin A dengan dosis 2,2 – 2,7 juta IU/kg pada ikan salmon memberikan dampak keracunan. Dampak keracunan vitamin A ini dapat dilihat dari gejala-gejalanya antara lain adalah pertumbuhan menurun dan terjadi pendarahan, pecah/erosi yang hebat pada sirip ekor, dubur, dada, perut dan punggung. Oleh karena itu pemberian vitamin A ini harus sesuai dengan kebutuhan ikan, karena vitamin A ini merupakan vitamin yang larut dalam lemak jika kelebihan dalam tubuh ikan tidak dapat dieksresikan keluar tubuh tetapi disimpan dalam bentuk berikatan dengan lemak.

Vitamin D

Menurut Murray (1999), vitamin D merupakan prohormon steroid. Vitamin ini diwakilili oleh senyawa steroid yang terutama terdapat pada hewan, tanaman dan ragi. Melalui berbagai perubahan metabolik dalam tubuh, vitamin D menghasilkan suatu hormon yang dikenal dengan nama kalsitriol, kalsitriol ini mempunyai peranan sentral dalam metabolisme kalsium dan fosfor. Dari beberapa jenis vitamin D dua diantaranya dianggap yang paling penting yaitu vitamin D₂ (ergo kalsiferol) dan vitamin D₃ (7-dehidrokolesterol kolikolaferol). Struktur kedua vitamin tersebut sangat mirip. Vitamin ini merupakan vitamin yang larut dalam lemak dan sangat sensitif terhadap adanya oksigen dan sinarmatahari. Kedua vitamin tersebut merupakan

kristal putih yang dibentuk dari proses irradiasi senyawa sterol yang kemudian diikuti dengan proses pemurnian. Vitamin D disebut juga vitamin anti-rachitis (Andarwulan dan Koswara, 1989). Sumber utama vitamin D di alam adalah kolekalsiferol (vitamin D₃). Seperti vitamin A, kolekalsiferol hanya terdapat pada jaringan hewan. Pada kebanyakan hewan darat kolekalsiferol diproduksi dalam kulit melalui sinar UV dengan provitamin 7 dehidrokolesterol.

Vitamin D didalam tubuh aktifitasnya dapat dibagi kedalam tiga tempat yaitu usus, tulang dan ginjal. Di dalam usus vitamin D berperan dalam absorpsi Ca, karena pada keadaan defisiensi/kekurangan vitamin D maka penyerapan Ca menurun. Di dalam usus terdapat Ca binding protein yang memerlukan vitamin D. Di dalam tulang vitamin D berperan dalam proses reaksi collagen dan meningkatkan resorpsi tulang. Sedangkan dalam ginjal, vitamin D berfungsi dalam mengurangi clearance Ca dan P. Vitamin D dapat disintesis dalam tubuh manusia dan hewan dalam bentuk vitamin D₂. laju sintesis vitamin D tergantung pada jumlah sinar matahari yang diterima serta konsentrasi pigmen di kulit. Vitamin tersebut kemudian diaktifkan oleh sinar matahari dan diangkut ke berbagai alat tubuh untuk dimanfaatkan atau disimpan di dalam hati.

Menurut Tacon (1987), sumber bahan yang kaya akan kolekalsiferol termasuk hati ikan (minyak hati ikan cod 2 – 10 ug/g), minyak dan tepung

hati hewan serta tepung ikan. Sumber pakan yang mengandung cholecalciferol/vitamin D sering dinyatakan dalam Internasional Unit (IU). 1 IU berpotensi 0,025 ug cholecalciferol dan setara 1 unit BSI (*British Standart Unit*) atau 1,3 unit AOAC (*Association of Analytical Chemist USA*). Pengukuran keaktifan atau kekurangan vitamin D dapat dilakukan dengan cara line test yaitu membandingkan 2 kelompok hewan

percobaan yang dibiarkan kekurangan vitamin D dengan memberi diet rachitogeni dan kelompok lain diberi minyak ikan. Setelah 7 – 10 hari tulang-tulang panjang dianalisis terhadap adanya calcium line, makin tebal calcium linanya maka makin tinggi kekuatan vitamin D tersebut. Kebutuhan vitamin D pada ikan budidaya juga bervariasi menurut jenis ikannya Tabel 5.16.

Tabel 5.16. Kebutuhan vitamin D pada beberapa jenis ikan budidaya (Tacon, 1987 & 1991)

| Jenis ikan | Status pemeliharaan/wadah/vitamin | Kebutuhan | Referensi |
|--|--------------------------------------|------------------|----------------|
| Ikan Mas (<i>Cyprinus carpio</i>) | Dalam ruangan/tangki/bahan murni | NR | NRC, 1983 |
| Channel catfish (<i>Ictalurus punctatus</i>) | Dalam ruangan / tangki / bahan murni | 1000 IU/kg | Murray, 1980 |
| Channel catfish (<i>Ictalurus punctatus</i>) | Dalam ruangan / tangki / bahan murni | 500 IU/kg | Lowel&Li, 1978 |
| Rainbow trout (<i>S. gairdneri</i>) | - | 1600 – 2400IU/kg | Barnet, 1979 |
| Penaeid (<i>Penaeus japonicus</i>) | Dalam ruangan / tangki / bahan murni | R | Kanazawa, 1983 |

Kekurangan vitamin D pada ikan budidaya dapat menyebabkan beberapa gejala, misalnya pada ikan salmon mengakibatkan terjadinya penurunan pertumbuhan dan efisiensi pakan, anorexia, tetani, isi hati/lemak otot meningkat tinggi dan tingkat plasma T3 meningkat. Pada ikan channel catfish mengakibatkan terjadinya penurunan pertumbuhan sedangkan pada udang

sintasan/kelangsungan hidup menurun. Kekurangan vitamin D dapat mengakibatkan :

- Riketsia, ditandai oleh bengkok tulang belakang kaki sehingga berbentuk O pada anak-anak.
- Tetani, suatu gejala ditandai bengkoknya pergelangan tangan dan sendi akibat rendahnya kalsium dalam serum karena

kekurangan vitamin D atau rusaknya kelenjar paratiroid

- Osteomalacia, penderitaan diakibatkan kekurangan vitamin D dan kalsium pada orang dewasa.

Vitamin D dalam tubuh jika berlebihan dapat menyebabkan keracunan, gejala keracunan pada ikan salmon dapat diperlihatkan dengan terjadinya penurunan pertumbuhan, kelesuan, warna tubuh semakin gelap. Pada ikan channel catfish gejala keracunan mengakibatkan penurunan pertumbuhan dan efisiensi pakan buruk (Tacon, 1991).

Vitamin E

Vitamin E (tokoferol) berperan sebagai antioksidan dari larutan lemak ekstraseluler dan intraseluler dalam tubuh hewan. Dengan menerima oksigen, vitamin E dapat membantu mencegah oksidasi terhadap vitamin A dalam saluran pencernaan. Dalam jaringan vitamin E menekan terjadinya oksidasi asam lemak tak jenuh. Vitamin E juga terlibat dalam proses sintesis, khususnya dalam proses pemasangan pirimidin ke dalam asam nukleat, serta dalam proses pembentukan sel darah merah dalam sumsum tulang. Vitamin E dibutuhkan dalam sintesis koenzim A yang penting dalam pernafasan. Selain itu dapat melindungi HUFA (Highly Unsaturated Fatty acid) dalam sel dan submembran sel dan senyawa reaktif lainnya (seperti vitamin A dan vitamin C) dari pengaruh oksidasi dengan bertindak

sebagai perangkap radikal bebas. Vitamin E juga berperan penting dalam respirasi sel dan biosintesis DNA dan sebagai koenzim Q. Vitamin E dan vitamin C dapat berfungsi sebagai antioksidan, melindungi asam lemak secara in vitro dan in vivo (Machlin, 1990).

Sumber bahan pakan yang banyak mengandung tocopherol antara lain adalah : tepung alfalfa, tepung kulit ari gandum (100 mg/kg), seluruh telur ayam, kulit ari beras (75 – 100 mg/kg), kulit padi, gandum biasa (10 -75 mg/kg), bahan pembuat bir kering, biji barley, semua tepung lemak kedelai, biji jagung, sisa penggilingan gandum (25- 50 mg/kg), tepung getah biji/buah pohon ek, dedak gandum, biji gandum hitam, sorgum, tepung ikan, oat, tepung biji bunga matahari, tepung biji kapas (10-25 mg/kg) dan sumber lainnya.

Cara pengukuran vitamin E dinyatakan dalam Satuan Internasional (SI) atau dalam miligram alfa tokoferol. 1 SI vitamin E sama dengan 1 mg DL-alfa-tokoferol asetat sintetik, D-alfa-tokoferol alami sama dengan 1,49 SI/g. Biasanya keaktifan tokoferol yang bukan alfa tokoferol diabaikan karena potensi keaktifannya rendah.

Pencernaan vitamin E biasanya bersamaan dengan pencernaan lemak yang dimulai dari bagian lambung dan secara intensif ada di usus. Lemak dan vitamin E dihidrolisis dengan katalisator lemak menjadi monogliserida dan asam lemak. Dengan adanya garam empedu yang berfungsi sebagai pengemulsi lemak maka

terbentuklah 'miseles" yang siap diserap dalam dinding usus. Penyerapan vitamin E di dalam usus dalam bentuk α -tokoferol yang merupakan bentuk aktif vitamin E. Vitamin E akan dibebaskan dan diserap selama proses pencernaan lemak dan diangkut dalam darah oleh lipoprotein pertama lewat penyatuan ke dalam kilomikron yang mendistribusikan vitamin ke jaringan yang megandung lipoprotein lipase kemudian ke hati.

Kebutuhan vitamin E dalam komposisi pakan ikan mutlak diberikan karena vitamin E sangat membantu dalam proses reproduksi ikan dan sebagai antibodi. Kebutuhan vitamin E untuk setiap jenis ikan budidaya sangat bervariasi, berdasarkan hasil penelitian oleh beberapa peneliti sangat beragam. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 5.17.

Tabel 5.17. Kebutuhan vitamin E pada beberapa jenis ikan (Tacon, 1987, 1991)

| Jenis ikan | Status pemeliharaan / wadah/vitamin | Kebutuhan (mg/kg pakan) | Referensi |
|---|--|-------------------------|-------------------------|
| Ikan Mas (<i>Cyprinus carpio</i>) | Dalam ruangan/ tangki / bahan murni | 100 | Watanabe, 1970 |
| Ikan Mas (<i>Cyprinus carpio</i>) | Dalam ruangan/ tangki / bahan murni | 300 | Watanabe, 1970 |
| Channel catfish (<i>Ictalurus punctatus</i>) | Dalam ruangan/ tangki / bahan murni | 30 - 75 | Murray, 1980 |
| Tilapia (<i>Oreochromis niloticus</i>) | Dalam ruangan/ tangki / bahan murni | 50 - 100 | Satoh et al, 1987 |
| Rainbow trout (<i>S. gairdneri</i>) | Dalam ruangan/ tangki / bahan murni | 20 - 30 | Cowey et al, 1981 |
| Rainbow trout (<i>S. gairdneri</i>) | Dalam ruangan/ tangki / bahan murni | 50 - 100 | Watanabe et al, 1981 |
| Penaeid (<i>Penaeus japonicus</i>) | Dalam ruangan/ tangki / bahan murni | 200 | Kanazawa, 1983 |
| Coho salmon (<i>O. kisuth</i>) | Dalam ruangan/ tangki / bahan murni | R | Halver, 1972 |
| Chinook salmon (<i>O. tshawytscha</i>) | Dalam ruangan/ tangki / bahan murni | 40 - 50 | Halver, 1972 |
| Brook trout (<i>S. fontinalis</i>) | Dalam ruangan/ tangki / bahan murni | R | Halver, 1972 |

R: memperlihatkan kebutuhan akan vitamin, tetapi keperluan secara kuantitas belum diketahui

Selain itu kebutuhan akan vitamin E telah dilakukan penelitian oleh beberapa peneliti dengan mengamati penambahan berat badan dengan

kisaran kebutuhan vitamin untuk setiap jenis ikan. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 5.18.

Tabel 5.18. Kriteria respon ikan terhadap pemberian vitamin E sesuai dengan kebutuhan ikan budidaya (NRC, 1993)

| Jenis ikan | Kebutuhan (berat/kg pakan) | Kriteria Respon | Referensi |
|-----------------|----------------------------|-----------------|------------------------------|
| Atlantik salmon | 35 mg | WG, ADS | Lall <i>et al</i> , 1988 |
| Pasifik salmon | 30 IU | WG, ADS | Woodall <i>et al</i> , 1964 |
| Pasifik salmon | 40 – 50 mg | WG, MLS | Halver, 1972 |
| Rainbow trout | 30 IU | WG, ADS | Woodall <i>et al</i> , 1964 |
| Rainbow trout | 25 mg | WG, ADS | Hung <i>et al</i> , 1980 |
| Rainbow trout | 100 mg | MLS | Watanabe <i>et al</i> , 1981 |
| Rainbow trout | 50 mg | AASLP | Cowey <i>et al</i> , 1983 |
| Channel catfish | 25 mg | WG, ADS | Murray&Andrew, 1974 |
| Channel catfish | 50 mg | AASLP | Wilson <i>et al</i> , 1984 |
| Ikan mas | 100 | WG, ADS | Watanabe <i>et al</i> , 1970 |
| Ekor kuning | 119 | MLS | Shimeno, 1991 |
| Tilapia biru | 25 mg | WG | Roem <i>et al</i> , 1990 |
| Ikan nila | 50 -100 mg | WG, ADS | Sotoh <i>et al</i> , 1976 |

Takeuchi (1992), menjelaskan bahwa ikan grass carp (*Ctenopharyngodon idella*) yang diberikan α -tokoferol 2,0; 4,5; 9,4; 18,7; 27,5; 44,5 mg/100 g pakan, memberikan hasil pertumbuhan yang terbaik pada pemberian vitamin E sebanyak 4,5 dan 9,4 mg/100 g pakan. Ikan mengalami distropi yang ditandai hilangnya daging ikan bagian punggung tubuh jika diberikan α -tokoferol sebanyak 2,0 mg/100 g pakan. Sedangkan Hamre et al (1994), meneliti ikan salmon atlantik dengan pemberian DL α -tokoferol asetat sebanyak 0 dan 15 mg/kg pakan, ikan mengalami defisiensi. Ikan yang mengalami defisiensi vitamin E akan memperlihatkan haemoglobin seluler rendah, volume dan jumlah sel darah merah meningkat dan bagian sel darah merah tidak matang. Kadar

vitamin E 60 mg/kg pakan dapat memberikan kelangsungan hidup yang tinggi. Pada hasil penelitian Syahrizal (1988) pada ikan lele pemberian α -tokoferol dalam pakan akan memberikan hasil yang terbaik pada kadar 211,60 – 308,16 mg/kg pakan pada kadar lemak 6,38 – 6,50%.

Berdasarkan hasil penelitian beberapa peneliti yang koesnren tentang pemberian vitamin E pada ikan budidaya tersebut memperlihatkan bahwa vitamin E ini benar-benar sangat dibutuhkan oleh ikan budidaya untuk meningkatkan laju pertumbuhan dan seperti juga pada manusia vitamin e dapat meningkatkan kesuburan dan ternyata pada ikan budidaya juga memberikan dampak yang positif terhadap proses percepatan organ

reproduksi yang dapat meningkatkan masa reproduksi ikan budidaya. Oleh karena itu pemberian vitamin e pada ikan harus sesuai dengan kebutuhan ikan tidak boleh berlebihan dan kekurangan. Dari hasil pengamatan

para peneliti diperoleh suatu gejala umum jika ikan yang dibudidayakan kekurangan vitamin E dalam pakan. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 5.19.

Tabel 5.19. Gejala kekurangan vitamin E pada beberapa ikan budidaya (Tacon, 1991)

| Jenis ikan | Gejala |
|---|---|
| Ikan mas (<i>Cyprinus carpio</i>) | Penyakit otot, mortalitas meningkat, exophthalmia |
| Salmon | Pertumbuhan menurun, exophthalmia, ascites, anemia, insang menggumpal, epicarditis, endapan ceroid dalam limpa, mortalitas meningkat, warna insang memucat, kerusakan otot, daya tetas telur menurun |
| Channel catfish (<i>Ictalurus punctatus</i>) | Pertumbuhan dan efisiensi pakan menurun, meneteskan diathesis, penyakit otot, depigmentasi, hati berlemak, anemia, terhentinya perkembangan jaringan pankreas, mortalitas meningkat, pengendapan ceroid dalam hati dan pembuluh darah |
| Penaeids (<i>Penaeus japonicus</i>) | Survival dan pertumbuhan menurun |
| Tilapia (<i>Oreochromis niloticus</i>) | Anorexia, pertumbuhan menurun, efisiensi pakan rendah, mortalitas meningkat, pendarahan pada kulit dan sirip, degradasi urat/otot, kerusakan pada sel produksi darah merah |

Vitamin K

Menurut Tacon (1987), di alam vitamin K terdapat dalam dua bentuk yaitu vitamin K₁ yang disebut mefiton

dan vitamin K₂ yang disebut mevaquinon atau farnaquinon. Vitamin K₁ banyak terdapat pada sayuran sedangkan vitamin K₂ banyak terdapat pada hasil

metabolisme bakteri usus dan terdapat pada jaringan. Vitamin K merupakan senyawa sintesis yang banyak digunakan secara klinis dan disebut sebagai Menadion (Vitamin K₃).

Vitamin K digunakan untuk pemeliharaan koagulasi darah normal dalam kemudahan produksi dan atau pelepas berbagai protein plasma yang dipergunakan untuk koagulasi darah (pembekuan darah).

Sumber bahan baku pakan yang banyak mengandung vitamin K antara lain adalah tepung alfalfa (9 mg/kg), tepung ikan (2 mg/kg), tepung hati dan sayuran hijau (bayam, kangkung, kubis, jelatang dan pine needles). Vitamin K₁ banyak terdapat pada daun lobak, teh hijau, brokoli, kol, selada, sedangkan vitamin K₂ banyak terdapat pada hasil metabolisme bakteri usus dan terdapat pada jaringan.

Kebutuhan vitamin K pada ikan budidaya belum banyak dilakukan penelitian, menurut Tacon (1991) kebutuhan vitamin K pada ikan channel catfish berkisar antara 0,5–1 mg/kg pakan, dimana pada dosis tersebut dapat memberikan penambahan berat badan. Selain itu kekurangan vitamin K pada ikan budidaya juga memberikan dampak yang negatif pada ikan salmon dimana ikan salmon yang kekurangan vitamin K akan memberikan gejala peningkatan penggumpalan darah, anemia,

pendarahan pada insang, mata dan jaringan pembuluh darah, Sedangkan pada channel catfish mengakibatkan pendarahan pada kulit dan pada udang mengakibatkan terjadinya penurunan kelangsungan hidup (Tacon, 1991).

Vitamin Yang Larut Dalam Air

Vitamin B1 (Tiamin)

Tiamin berperan sebagai kofaktor enzim untuk metabolisme karbohidrat dalam menghasilkan energi dan proses dekarboksilasi (pelepasan karbondioksida) dalam reaksi enzim multiplex. Penyerapan tiamin oleh usus berlangsung melalui dua mekanisme yaitu pertama difusi secara pasif yang terjadi pada saat konsentrasinya tinggi dan kedua berlangsung melalui transport aktif yaitu pada saat konsentrasinya menurun. Didalam tubuh tiamin tidak dapat disimpan dalam jumlah banyak, oleh karena itu kelebihan tiamin didalam tubuh akan dibuang melalui urin. Sedangkan dalam jumlah terbatas tiamin dapat disimpan di dalam hati, ginjal, jantung, otot dan otak.

Kebutuhan tiamin untuk berbagai jenis ikan berbeda-beda seperti yang diperoleh dari hasil rangkuman oleh Tacon (1991) melalui berbagai penelitian oleh peneliti pada Tabel 5.20.

Tabel 5.20. Kebutuhan Tiamin dalam pakan (Tacon, 1991)

| Jenis ikan | Kandungan (mg/kg) | Referensi |
|--|-------------------|-----------------------------|
| Common carp (<i>Cyprinus carpio</i>) | 0,5 | Aoe <i>et al</i> , 1969 |
| Channel catfish (<i>Ictalurus punctatus</i>) | 1 | Mclaren <i>et al</i> , 1978 |
| Rainbow trout (<i>S. gairdneri</i>) | 1 -10 | Halver, 1972 |
| Brown trout (<i>Salmo trutta</i>) | 10 – 12 | Halver, 1972 |
| Brook trout (<i>Salvelinus fontinalis</i>) | 10 – 12 | Halver, 1972 |
| Chinok salmon (<i>O.tshawytscha</i>) | 10 – 15 | Halver, 1972 |
| Coho salmon (<i>Oncorhynchus kisutch</i>) | 10 – 15 | Halver, 1972 |
| Atlantik salmon (<i>Salmo salar</i>) | 10 – 15 | Halver, 1972 |
| Turbot (<i>Scophthalmus maximus</i>) | 0,6 – 2,6 | Cowey <i>et al</i> , 1975 |
| Tilapia (<i>Oreochromis sp</i>) | 2,5 | Lim <i>et al</i> , 1991 |
| Shrimp larva (<i>Penaeus japonicus</i>) | 40 | Kanazawa, 1985 |
| Shrimp juvenile (<i>Penaeus japonicus</i>) | 60 - 120 | Deshimaru&Kuroki, 1979 |

Setiap jenis ikan membutuhkan jumlah tiamin yang berbeda dalam komposisi pakan. Apabila kandungan tiamin dalam pakan tidak mencukupi

maka akan menyebabkan gejala-gejala penyakit seperti pada Tabel 5.21.

Tabel 5.21. Tanda-tanda kekurangan tiamin pada ikan budidaya (Tacon, 1991)

| Jenis ikan | Tanda-tanda | Referensi |
|---|---|---|
| Salmonids | Berkurangnya nafsu makan, pertumbuhan lambat, kepekaan yang meningkat karena getaran pada wadah atau akibat kilatan cahaya. | Mc Laren et al, 1974 Philips&Brockway, 1975, Halver 1957, Kitamura et al, 1967 |
| Common carp (<i>Cyprinus carpio</i>) | Pendarahan pada sirip, kegugupan memucatnya warna tubuh, nafsu makan berkurang, pertumbuhan lambat | Aoe et al, 1969 |
| Channel catfish (<i>Ictalurus punctatus</i>) | Nafsu makan berkurang, pertumbuhan lambat, pewarnaan kulit menjadi gelap, kematian | Dupree, 1966, Murai & Andrew, 1978 |
| Red sea bream (<i>C. major</i>) | Nafsu makan berkurang, pertumbuhan lambat | Yone, 1975 |
| Eel (<i>Anguila japonica</i>) | Nafsu makan berkurang, ataxia, gejala perubahan memutarnya badan, pendarahan pada sirip | Arai et al, 1972 Hashimoto et al, 1972 |
| Tilapia (<i>Oreochromis</i> sp) | Nafsu makan berkurang, warna kulit menjadi muda, gangguan syaraf, efisiensi pakan dan pertumbuhan rendah, hematocrit rendah | Lim et al, 1991 |
| Asian seabass (<i>Lates calcarifer</i>) | Nafsu makan berkurang, pewarnaan kulit menjadi gelap, pertumbuhan lambat, kematian yang diakibatkan setelah penanganan | Booyaratpalin & Wanakowat, 1991 |
| Shrimp (<i>Penaeus japonicus</i>) | Pertumbuhan dan kelangsungan hidup rendah | Kanazawa, 1985 |

Sumber bahan pakan yang banyak mengandung tiamin antara lain adalah daging berwarna merah, hati mamalia laut dan beras merah, krustasea, moluska, sayuran dan

buah-buahan. Tiamin juga sudah diproduksi secara komersil dalam bentuk tiamin klorida dan tiamin difosfat monoklorida. Keberadaan tiamin dalam tubuh ikan sangat

dipengaruhi oleh suhu, pH dan bisulfat, basa organik, enzim tiaminase dan radiasi (Steffens, 1992)

Vitamin B2 (Riboflavin)

Riboflavin berperan dalam proses oksidasi reduksi dalam jaringan dan terdapat dalam bentuk koenzim/enzim flavin yang disebut flavoprotein. Flavoprotein ini sebagai koenzim pada oksidasi asam amino, reaksi dihydropolite dehydrogenase dan transport elektron.

Riboflavin didalam usus diubah kedalam bentuk koenzimnya dan setelah itu akan didistribusikan ke dalam sel-sel agar dapat berfungsi dalam proses biokimia. Ada dua koenzim dari riboflavin yaitu Flavin Mono Nucleotida (FMN) dan Flavin

Adenin Dinucleotida (FAD) (Prawirokusumo, 1991).

Penyerapan riboflavin akan meningkat dengan adanya garam-garam empedu. Hasil metabolisme riboflavin ini akan dieksresikan ke dalam urin dan feses dan sejumlah kecil melalui cairan empedu dan keringat. Metabolisme riboflavin dipengaruhi oleh hormon tiroid dimana hormon tiroid ini akan meningkatkan aktivitas FAD dan FMN. Pada keadaan hipotiroid akan terjadi peningkatan laju perubahan riboflavin menjadi FMN dan FAD.

Kebutuhan ikan akan vitamin B2 ini berbeda-beda seperti yang telah dirangkum oleh Tacon (1991) pada Tabel 5.22. Apabila kandungan riboflavin dalam pakan berkurang maka akan menyebabkan gejala-gejala penyakit seperti yang tertera pada Tabel 5.23.

Tabel 5.22. Kebutuhan Vitamin B2 dalam pakan ikan

| Jenis ikan | Kandungan (mg/kg) | Referensi |
|--|-------------------|------------------------------|
| Common carp (<i>Cyprinus carpio</i>) | 7 | Takeuchi <i>et al</i> , 1980 |
| Channel catfish (<i>Ictalurus punctatus</i>) | 9 | Murai&Andrew, 1978 |
| Rainbow trout (<i>Salmo gairdneri</i>) | 2,7 | Amezaga&Knox,1990 |
| Brown trout (<i>Salmo trutta</i>) | 20 – 30 | Halver, 1972 |
| Brook trout (<i>Salvelinus fontinalis</i>) | 20 – 30 | Halver, 1972 |
| Chinok salmon (<i>O.tshawytscha</i>) | 20 – 25 | Halver, 1972 |
| Coho salmon (<i>Oncorhynchus kisutch</i>) | 20 – 25 | Halver, 1972 |
| Atlantik salmon (<i>Salmo salar</i>) | 5 – 10 | Halver, 1980 |
| Tilapia (<i>Oreochromis sp</i>) | 0,6 – 2,6 | Halver, 1972 |
| Shrimp larva (<i>Penaeus japonicus</i>) | 5 | Lim <i>et al</i> , 1991 |
| Shrimp juvenile (<i>Penaeus japonicus</i>) | 80 | Kanazawa, 1985 |

Tabel 5.23. Tanda-tanda kekurangan riboflavin pada ikan budidaya (Tacon, 1991)

| Jenis ikan | Tanda-tanda | Referensi |
|---|--|---|
| Salmonids | Berkurangnya nafsu makan, pertumbuhan lambat, ada paskularisasi pada kornea, lensa mata kabur, erosi pada moncong mulut, erosi sirip ekor yang parah, bertambahnya laju kematian, pendarahan pada sirip ekor, otot yang lemah, bagian dinding perut mengalami pencekungan, takut pada cahaya, tulang punggung tidak normal, pembentukan zat warna yang terang atau gelap, tidak ada koordinasi, malas bergerak, kurang darah | McLaren et al, 1974 Philips&Brockway, 1975, Halver 1957, Kitamura <i>et al</i> , 1967, Poston et al,1977, Takeuchi et al, 1980, Hughes et al, 1981, Woodward,1982, Amegaza&Knox, 1990 |
| Common carp (<i>Cyprinus carpio</i>) | Nafsu makan berkurang, pertumbuhan lambat, laju kematian sangat tinggi, pendarahan pada kulit dan sirip, sangat gugup, takut sinar. | Aoe <i>et al</i> , 1969 |
| Channel catfish (<i>Ictalurus punctatus</i>) | Kekerdilan dengan badan yang pendek, hilangnya nafsu makan, pertumbuhan lambat, katarak | Dupree, 1966, Murai& Andrew, 1978 |
| Red sea bream (<i>C. major</i>) | Pertumbuhan lambat | Yone, 1975 |
| Eel (<i>Anguila japonica</i>) | Pendarahan pada sirip, takut sinar, pertumbuhan lambat, nafsu makan berkurang, malas bergerak | Arai <i>et al</i> , 1972 |
| Walking carfish (<i>Clarias batracus</i>) | Nafsu makan berkurang, pertumbuhan lambat, pendarahan pada kulit dan sirip, bertambahnya laju kematian | Butthep <i>et al</i> , 1985 |
| Asian seabass (<i>Lates calcarifer</i>) | Pergerakan lambat, takut cahaya, katarak, tubuh pendek, pertumbuhan dan efisiensi pakan serta kelangsungan hidup menurun, pewarnaan tubuh menjadi gelap | Booyaratpalin & Wanakowat, 1991 |
| Tilapia (<i>Oreochromis sp</i>) | Nafsu makan menurun, pertumbuhan menurun, kaget terhadap sinar, kematian tinggi, katarak | Lim <i>et al</i> , 1991 |
| Shrimp (<i>Penaeus japonicus</i>) | Pertumbuhan dan kelangsungan hidup pada benih menurun | Kanazawa, 1985 |

Sumber bahan pakan yang banyak mengandung riboflavin antara lain adalah daging dan produk susu, bayam, asparagus dan brokoli. Riboflavin tidak stabil jika terkena panas dan cahaya, dimana dengan adanya cahaya akan merusak aktivitas riboflavin secara perlahan-lahan. Dalam bentuk larutan riboflavin sangat tidak stabil. Dekomposisinya sangat dipengaruhi oleh suhu dan pH larutan.

Vitamin B6 (Piridoksin)

Piridoksin berperan dalam metabolisme asam amino, maka bila kekurangan vitamin ini akan mengalami gangguan pada metabolisme protein. Dalam metabolisme protein ada enam reaksi yang memerlukan vitamin B6 yaitu reaksi transaminasi, reaksi decarboxilasi, reaksi dehidrasi, reaksi desulphurasi, reaksi racemisasi, reaksi cleavage, reaksi

kondensasi, reaksi aldolase serta reaksi-reaksi lainnya.

Piridoksin didalam usus diubah kedalam bentuk piridoksal fosfat dan piridoksamin fosfat. Metabolisme piridoksin dimulai sejak vitamin ini masuk kedalam organ atau jaringan tubuh dan akan diubah menjadi piridoksal fosfat dan piridoksamin fosfat sampai dikeluarkan lagi kedalam berbagai bentuk untuk digunakan oleh jaringan lain atau dieksresikan. Transportasi vitamin ini didalam tubuh diperantarai oleh enzim piridoksal kinase yang banyak terdapat pada semua jaringan terutama otak, hati dan ginjal.

Kebutuhan ikan akan vitamin B6 ini berbeda-beda seperti yang telah dirangkum oleh Tacon (1991) pada Tabel 5.24. Apabila kandungan piridoksin dalam pakan berkurang maka akan menyebabkan gejala-gejala penyakit seperti yang tertera pada Tabel 5.25.

Tabel 5. 24. Kebutuhan Vitamin B6 dalam pakan ikan

| Jenis ikan | Kandungan (mg/kg) | Referensi |
|--|-------------------|------------------------|
| Common carp (<i>Cyprinus carpio</i>) | 5,4 | Ogino, 1965 |
| Channel catfish (<i>Ictalurus punctatus</i>) | 3 | Murai&Andrew, 1978 |
| Rainbow trout (<i>Salmo gairdneri</i>) | 10 - 15 | Halver, 1972 |
| Brown trout (<i>Salmo trutta</i>) | 10 - 15 | Halver, 1972 |
| Brook trout (<i>Salvelinus fontinalis</i>) | 10 - 15 | Halver, 1972 |
| Chinok salmon (<i>O.tshawytscha</i>) | 10 | Halver, 1972 |
| Coho salmon (<i>Oncorhynchus kisutch</i>) | 15 - 20 | Hardy et al, 1979 |
| Atlantik salmon (<i>Salmo salar</i>) | 10 - 15 | Halver, 1980 |
| Red sea bream (<i>C.major</i>) | 5 - 6 | Takeda&Yone, 1971 |
| Glithead bream (<i>Sparus auratus</i>) | 1,25 | Kissil et al, 1981 |
| Asean seabass (<i>Lates calcarifer</i>) | 5 - 10 | Wanakowat et al, 1989 |
| Penaeids (<i>Penaeus japonicus</i>) juvenil | 60 | Deshimaru&Kuroki, 1979 |
| Penaeids (<i>Penaeus japonicus</i>) larva | 120 | Kanazawa, 1985 |
| Penaeids (<i>Penaeus vannamei</i>) | 80 - 100 | He&Lawrence, 1991 |

Tabel 5.25. Tanda-tanda kekurangan riboflavin pada ikan budidaya (Tacon, 1991)

| Jenis ikan | Tanda-tanda | Referensi |
|---|---|---|
| Salmonids | Mudah terganggu, peka terhadap rangsangan, berkurangnya nafsu makan, awal rigor mortis yang cepat, ataxia, penimbunan cairan pada kantong perut, kontraksi overkulum yang berlebihan, berenang cepat dan tidak teratur, pewarnaan permukaan punggung hijau kebiruan, pewarnaan pada kulit, kurang darah dan bernafas dengan cepat | McLaren et al, 1974 Philips&Brockway, 1975, Halver 1957, Kitamura <i>et al</i> , 1967, Poston et al,1977, Takeuchi et al, 1980, Hughes et al, 1981, |
| Common carp (<i>Cyprinus carpio</i>) | Nafsu makan menurun, pertumbuhan lambat, sangat mudah terganggu | Ogino, 1965 |
| Channel catfish (<i>Ictalurus punctatus</i>) | Nafsu makan menurun, sangat mudah terganggu, berenang tidak teratur, kejang, pewarnaan biru hijau pada permukaan punggung | Dupree, 1966, Murai& Andrew, 1978 |
| Red sea bream (<i>C. major</i>) | Pertumbuhan lambat | Yone, 1975 |
| Eel (<i>Anguila japonica</i>) | Nafsu makan menurun, pertumbuhan lambat, sangat mudah terganggu | Arai <i>et al</i> , 1972 |
| Turbot (<i>S maximus</i>) | Pertumbuhan menurun | Adron <i>et al</i> , 1978 |
| Gilthead bream (<i>S auratus</i>) | Nafsu makan menurun, kematian tinggi, hyperirritability, berenang tidak teratur, efisiensi pakan menurun | Kissil <i>et al</i> , 1969 |
| Yellowtail | Pertumbuhan menurun | Sakaguchi <i>et al</i> , 1983 |
| Snakhead | Pertumbuhan menurun, ataxia, berenang tidak teratur, wedema, pewarnaan tidak normal, kebutaan, lensa kabur | Agrawal&Mahajan, 1983 |

| Jenis ikan | Tanda-tanda | Referensi |
|--|--|--|
| Ikan lele (<i>Clarias batracus</i>) | Pertumbuhan lambat, peningkatan kematian, erosi pada sungut, sangat mudah terganggu, kehilangan keseimbangan, awal rigor mortis lebih cepat, berenang tidak teratur, pengikisan pada sirip dan rahang bawah, bernafas dengan cepat | Butthep <i>et al</i> , 1985 |
| Asian seabass (<i>Lates calcarifer</i>) | Nafsu makan menurun, berenang di permukaan tidak mau berkelompok, berenang seperti spiral tidak beraturan, luka pada bibir bawah, kematian tinggi, kekejangan pada otot tak sadar, penurunan konversi pakan. | Wankowat <i>et al</i> , 1989 |
| Penaeid Shrimp (<i>Penaeus japonicus</i>) | Pertumbuhan dan kelangsungan hidup menurun | Deshimaru&Kuroki, 1979, Kanazawa, 1985 |

Sumber bahan pakan yang banyak mengandung piridoksin antara lain adalah khamir, biji-bijian misalnya jagung dan gandum. Piridoksin tidak stabil jika terkena sinar ultra violet karena vitamin ini mempunyai spektrum absorpsi ultra violet yang khas dan sangat dipengaruhi oleh perubahan pH.

Vitamin B5 (Asam Pantotenat)

Asam pantotenat berperan dalam formasi koenzim A. Koenzim A adalah gabungan antara mercapto ethyl amine dengan phosphopanthothenic acid dan

adenosin -3¹-5¹ diphosphat. Koenzim A ini berfungsi dalam metabolisme karbohidrat, protein dan lemak (Prawirokusumo, 1991). Asam pantotenat mudah diserap didalam usus yang akan mengalami fosforilasi oleh ATP menjadi bentuk asam 4-fosfopantotenat.

Kebutuhan ikan akan vitamin B5 ini berbeda-beda seperti yang telah dirangkum oleh Tacon (1991) pada Tabel 5.26. Apabila kandungan asam pantotenat dalam pakan berkurang maka akan menyebabkan gejala-gejala penyakit seperti yang tertera pada Tabel 5.27.

Tabel 5.26. Kebutuhan Vitamin B5 dalam pakan

| Jenis ikan | Kandungan (mg/kg) | Referensi |
|--|-------------------|----------------------------|
| Common carp (<i>Cyprinus carpio</i>) | 30 - 50 | Ogino, 1965 |
| Channel catfish (<i>Ictalurus punctatus</i>) | 15 | Wilson <i>et al</i> , 1983 |
| Rainbow trout (<i>Salmo gairdneri</i>) | 40 - 50 | Halver, 1972 |
| Brown trout (<i>Salmo trutta</i>) | 40 - 50 | Halver, 1972 |
| Brook trout (<i>Salvelinus fontinalis</i>) | 41 - 50 | Halver, 1972 |
| Chinok salmon (<i>O.tshawytscha</i>) | 40 - 50 | Halver, 1972 |
| Coho salmon (<i>Oncorhynchus kisutch</i>) | 40 - 50 | Halver, 1972 |
| Red sea bream (<i>C.major</i>) | 10 | Yano <i>et al</i> , 1975 |
| Mexican cichlid (<i>C. urophthalmus</i>) | 80 | Chaves <i>et al</i> , 1990 |
| Tilapia (<i>Oreochromis mossambicus</i>) | NR | Room <i>et al</i> , 1990 |
| Shrimp (<i>Penaeus japonicus</i>) | NR | Kanazawa, 1985 |

Tabel 5.27. Tanda-tanda kekurangan asam pantotenat pada ikan budidaya (Tacon, 1991)

| Jenis ikan | Tanda-tanda | Referensi |
|--|--|--|
| Salmonids | Berkurangnya nafsu makan, pertumbuhan menurun, kurang darah, tutup insang berlendir, pergerakan lambat, operculum menggebung | McLaren <i>et al</i> , 1974 Philips&Brockway, 1975, Halver 1957, Kitamura <i>et al</i> , 1967, Poston <i>et al</i> , 1977, Coat & Halver, 1958, Matsumoto <i>et al</i> , 1991, Ogino, 1967 |
| Common carp (<i>Cyprinus carpio</i>) | Nafsu makan menurun, pertumbuhan menurun, pergerakan sangat lambat, kurang darah, pendarahan pada kulit, exophthalmia | Dupree, 1966, Murai& Andrew, 1978 |
| Channel catfish (<i>Ictalurus punctatus</i>) | Nafsu makan menurun, pertumbuhan menurun, pengikisan pada kulit, kurang darah | Yone, 1975, Yano <i>et al</i> , 1988 |
| Red sea bream (<i>C. major</i>) | Pertumbuhan menurun, kematian tinggi | Arai <i>et al</i> , 1972 |
| Eel (<i>Anguila japonica</i>) | Pertumbuhan lambat, berenang tidak normal, luka pada kulit | |

| Jenis ikan | Tanda-tanda | Referensi |
|--|--|---|
| Ikan lele (<i>Clarias batracus</i>) | Nafsu makan menurun, pertumbuhan menurun, kematian tinggi, sungut terkikis, pendarahan di bawah kulit, sirip rusak, oedema, bernafas cepat, insang dan hati pucat | Butthep <i>et al</i> , 1985 |
| Mexican cichlid (<i>C urophthalmus</i>) | Nafsu makan menurun, pertumbuhan menurun, kematian tinggi, bernafas cepat, pewarnaan gelap, exophthalmia, pendarahan pada sirip dan kepala | Chaves de Martinezl <i>et al</i> , 1990 |
| Asian seabass (<i>Lates calcarifer</i>) | Nafsu makan menurun, pertumbuhan menurun, penurunan efisiensi pakan, pewarnaan gelap, berenang tidak normal, pendarahan pada operculum, pengikisan pada sirip pelvic | Boonyaratpalin & Wanakowat, 1991 |
| Prawn (<i>M.rosenbergii</i>) | Pertumbuhan menurun | Heinem, 1988 |

Sumber bahan pakan yang banyak mengandung asam pantotenat antara lain adalah ragi bir kering, air susu, keju, keju dilaktose kering, telur yam, beras sosoh, tepung kacang tanah, tepung biji matahari, dedak gandum, tepung alfalfa dan gula tebu kering. Asam pantotenat dapat mengalami kerusakan mutu karena proses oksidasi dan suhu tinggi. Oleh karena itu penyimpanan dalam suhu dingin sangat dianjurkan. Dan selama proses pengolahan pakan dengan suhu yang tinggi vitamin ini akan mengalami kehilangan kandungannya karena pemanasan.

Biotin

Biotin berperan di dalam metabolisme sebagai fiksasi karbondioksida yang selanjutnya ditransfer ke substrat yang lain. Biotin yang berikatan dengan karbondioksida disebut dengan karboksibiotin. Biotin juga berperan dalam reaksi dalam pembentukan asam lemak, metabolisme beberapa asam amino dan metabolisme karbohidrat.

Kebutuhan ikan akan biotin ini berbeda-beda seperti yang telah dirangkum oleh Tacon (1991) pada Tabel 5.28. Apabila kandungan biotin dalam pakan berkurang maka akan menyebabkan gejala-gejala penyakit seperti yang tertera pada Tabel 5.29.

Tabel 5.28. Kebutuhan Biotin dalam pakan

| Jenis ikan | Kandungan (mg/kg) | Referensi |
|--|-------------------|----------------------------|
| Common carp (<i>Cyprinus carpio</i>) | 1 | Ogino <i>et al</i> , 1970 |
| Common carp (<i>Cyprinus carpio</i>) | 1 - 25 | Guther & Meyer, 1990 |
| Channel catfish (<i>Ictalurus punctatus</i>) | < 1 | Lovel & Buston, 1984 |
| Rainbow trout (<i>Salmo gairdneri</i>) | 1 - 1,2 | Halver, 1972 |
| Rainbow trout (<i>Salmo gairdneri</i>) | < 0,5 | Walton <i>et al</i> , 1984 |
| Brown trout (<i>Salmo trutta</i>) | 1 - 1,2 | Halver, 1972 |
| Brook trout (<i>Salvelinus fontinalis</i>) | 1,5 - 2 | Halver, 1972 |
| Chinok salmon (<i>O.tshawytscha</i>) | 1 - 1,5 | Halver, 1972 |
| Coho salmon (<i>Oncorhynchus kisutch</i>) | 1 - 1,5 | Halver, 1972 |
| Lake trout (<i>S namaycush</i>) | 0,05 - 0,251 | Poston, 1976 |
| Red sea bream (<i>C.major</i>) | NR | Yone, 1975 |
| Larva udang (<i>Penaeus japonicus</i>) | > 4 | Kanazawa, 1985 |

Tabel 5.29. Tanda-tanda kekurangan biotin pada ikan budidaya (Tacon, 1991)

| Jenis ikan | Tanda-tanda | Referensi |
|--|--|--|
| Salmonids | Berkurangnya nafsu makan, pertumbuhan menurun, kematian bertambah, efisiensi pakan menurun, luka pada colon, jaringan tidak tumbuh, kejang, insang pucat | Philips&Brockway, 1975, Halver 1957, Kitamura <i>et al</i> , 1967, Coat & Halver, 1958, Poston & Page 1985 |
| Common carp (<i>Cyprinus carpio</i>) | Pertumbuhan menurun, pergerakan menurun. | Ogino <i>et al</i> , 1970, Guther & M Burgdoff, 1990 |
| Channel catfish (<i>Ictalurus punctatus</i>) | Tidak terjadi pewarnaan, kurang darah, nafsu makan menurun, pertumbuhan menurun, hypersinsitifiy | Robinson & Lovel, 1978, Lovel & Buston, 1984 |
| Eel (<i>Anguila japonica</i>) | Pertumbuhan lambat, pewarnaan gelap, tingkah laku berenang tidak normal | Arai <i>et al</i> , 1972 |
| Shrimp (<i>Penaeus japonicus</i>) | Pertumbuhan dan kelangsungan hidup menurun | Kanazawa, 1985 |

Sumber bahan pakan yang banyak mengandung biotin antara lain adalah ragi bir kering, ragi torula

kering, tepung biji bunga, telur ayam, beras sosoh, tepung hati dan paru, dedak padi, tepung biji kapas, tepung

kacang tanah, tepung alfalfa, gandum, tepung darah kering, tepung ikan. Biotin juga bisa dalam bentuk alkohol yang disebut dengan biotimal dan dapat disintesis secara kimia dan mempunyai aktivitas biotin 100% (Tacon, 1991). Kandungan biotin dari bahan baku akan mudah hilang karena proses leaching.

Asam Folat

Asam folat merupakan koenzim untuk beberapa sistem enzim. Di dalam tubuh asam folat berfungsi untuk mentransfer satu satuan karbon seperti gugus metil dimana unit-unit karbon ini akan dihasilkan selama metabolisme asam amino. Oleh karena itu asam folat berperan di dalam sintesis asam amino. Asam folat yang terdapat dalam bahan

baku pakan biasanya dalam bentuk poliglumat sedangkan asam folat yang dapat diserap oleh usus harus dalam bentuk monoglumat. Oleh karena itu sebelum dapat diserap oleh usus, asam folat harus dihidrolisis terlebih dahulu. Hidrolisis berlangsung oleh adanya aktivitas enzim konjugase. Penyerapan asam folat dipengaruhi oleh efisiensi mekanisme dekonjugase yaitu yeast. Kelebihan asam folat didalam tubuh akan dibuang melalui urin.

Kebutuhan ikan akan asam folat ini berbeda-beda seperti yang telah dirangkum oleh Tacon (1991) pada Tabel 5.30. Apabila kandungan biotin dalam pakan berkurang maka akan menyebabkan gejala-gejala penyakit seperti yang tertera pada Tabel 5.31.

Tabel 5.30. Kebutuhan Asam folat dalam pakan Ikan (Tacon, 1991)

| Jenis ikan | Kandungan (mg/kg) | Referensi |
|--|-------------------|-----------------------------|
| Common carp (<i>Cyprinus carpio</i>) | NR | Aoe <i>et al</i> , 1969 |
| Channel catfish (<i>Ictalurus punctatus</i>) | 0,5 - 1 | Duchan& Lovel, 1991 |
| Rainbow trout (<i>Salmo gairdneri</i>) | 1 - 5 | McLaren <i>et al</i> , 1972 |
| Rainbow trout (<i>Salmo gairdneri</i>) | 6 - 10 | Halver, 1972 |
| Brown trout (<i>Salmo trutta</i>) | 6 - 10 | Halver, 1972 |
| Chinok salmon (<i>O.tshawytscha</i>) | 6 - 10 | Halver, 1972 |
| Coho salmon (<i>Oncorhynchus kisutch</i>) | 6 - 10 | Halver, 1972 |
| Atlantic salmon (<i>Salmo salar</i>) | 5 - 10 | Halver, 1980 |
| Red sea bream (<i>C.major</i>) | NR | Yone, 1975 |

Tabel 5.31. Tanda-tanda kekurangan asam folat pada ikan budidaya (Tacon, 1991)

| Jenis ikan | Tanda-tanda | Referensi |
|--|--|--|
| Salmonids | Kurang darah, pertumbuhan lambat, nafsu makan menurun, pewarnaan gelap, insang pucat, exophthalmia | McLaren et al, 1947, Philips&Brockway,1957 Kitamura et al, 1967, Coat & Halver, 1958 |
| Eel (<i>Anguila japonica</i>) | Nafsu makan menurun, pertumbuhan lambat, pewarnaan gelap. | Arai et al, 1972 |
| Rohu (<i>Labeo rohita</i>) | Penurunan hematocrit, penurunan pertumbuhan | John & Mahajan, 1979 |
| Channel catfish (<i>Ictalurus punctatus</i>) | Nafsu makan menurun, peningkatan kematian, lethargy, pertumbuhan menurun, hematocrit rendah | Dupree, 1966, Duncan & Lovel,1991 |
| Ikan lele (<i>Clarias batracus</i>) | Nafsu makan menurun, pertumbuhan menurun, warna kulit memudar, insang dan hati pucat | Butthep et al, 1985 |
| Shrimp (<i>P japonicus</i>) | Penurunan kelangsungan hidup larva | Kanazawa, 1985 |

Sumber bahan pakan yang banyak mengandung asam folat antara lain adalah tepung ikan laut, susu, sayuran berdaun hijau tua, bunga kobis, kacang-kacangan, gandum. Asam folat dapat berbentuk kristal folasin sebagai bentuk komersil yang banyak digunakan sebagai food additive untuk fortifikasi bahan makanan (Andarwulan dan Sutrisno, 1992).

Vitamin B12 (Cyanokobalamin)

Vitamin B12 disebut juga dengan cyanokobalamin karena berdasarkan struktur kimianya vitamin ini terdiri atas asam cobalt ditengah dengan

tetra ring dari porphyrin. Gugus cyanide terdapat pada asam cobalt, karena itu disebut cyanokobalamin. Vitamin ini berperan dalam penggunaan asam propionat. Kekurangan vitamin ini akan menyebabkan timbunan methylmalonyl CoA dan akan dikeluarkan lewat urin dan disebut methylmalonic aciduria.

Kebutuhan ikan akan vitamin B12 ini berbeda-beda seperti yang telah dirangkum oleh Tacon (1991) pada Tabel 5.32. Apabila kandungan biotin dalam pakan berkurang maka akan menyebabkan gejala-gejala penyakit seperti yang tertera pada Tabel 5.33.

Tabel 5.32. Kebutuhan Vitamin B12 dalam pakan Ikan (Tacon, 1991)

| Jenis ikan | Kandungan (mg/kg) | Referensi |
|--|-------------------|------------------------|
| Common carp (<i>Cyprinus carpio</i>) | NR | Hashimoto, 1953 |
| Common carp (<i>Cyprinus carpio</i>) | NR | Kashiwada&Teshima,1966 |
| Channel catfish (<i>Ictalurus punctatus</i>) | NR | Limsuwan& Lovel, 1981 |
| Tilapia (<i>O.niloticus</i>) | NR | Lovel&Limsuwan, 1982 |
| Chinok salmon (<i>O.tshawytscha</i>) | 0,015-0,02 | Halver, 1972 |
| Coho salmon (<i>Oncorhynchus kisutch</i>) | 0,015-0,02 | Halver, 1972 |

Tabel 5.33. Tanda-tanda kekurangan vitamin B12 pada ikan budidaya (Tacon, 1991)

| Jenis ikan | Tanda-tanda | Referensi |
|--|--|---|
| Salmonids | Nafsu makan menurun, pertumbuhan menurun, microcytic hypochromic anemia, eritrocit pecah, efisiensi pakan rendah | Halver, 1957, Philips <i>et al</i> , 1963 |
| Channel catfish (<i>I.punctatus</i>) | Penurunan pertumbuhan, hematocrit rendah | Dupree,1966; Limsuwan & Lovell, 1981 |
| Eel (<i>Anguila japonica</i>) | Pertumbuhan lambat | Arai <i>et al</i> , 1972 |
| Red sea bream | Pertumbuhan lambat | Yone, 1975 |
| Rohu (<i>Labeo rohita</i>) | Penurunan pertumbuhan, hematocrit rendah, megaloblastic | John & Mahajan, 1979 |
| Shrimp (<i>P japonicus</i>) | Penurunan kelangsungan hidup larva | Kanazawa, 1985 |

Sumber bahan pakan yang banyak mengandung vitamin B12 antara lain adalah tepung ikan laut, udang, kepiting, oyster, scallop, tepung daging dan tulang.

Niasin (Asam nikotinat)

Niasin dapat juga disebut dengan vitamin B3 atau asam nikotinat yang berperan dalam reaksi enzimatik dalam tubuh. Asam nikotinat merupakan unsur dari dua buah

koenzim, yaitu Nikotinamid Adenin Dinukleotida (NAD) dan Nikotinamid Adenin Dinukleotida Fosfat (NADP). NAD adalah koenzim bagi sejumlah enzim dehidrogenase yang berperanan dalam metabolisme lemak, karbohidrat dan asam amino. Sedangkan NADP berperan dalam reaksi hidrogenasi pada jalur heksosa monofosfat (HMP) dalam metabolisme glukosa. Bentuk tereduksi dari NADP mempunyai

peranan penting dalam sintesis lemak dan steroid (Muchtadi dkk, 1993).

Kebutuhan ikan akan niasin ini berbeda-beda seperti yang telah dirangkum oleh Tacon (1991) pada Tabel 5.34. Apabila kandungan niasin dalam pakan berkurang maka akan menyebabkan gejala-gejala penyakit seperti yang tertera pada Tabel 5.35.

Tabel 5.34. Kebutuhan Niasin dalam pakan Ikan (Tacon, 1991)

| Jenis ikan | Kandungan (mg/kg) | Referensi |
|--|-------------------|-------------------------|
| Common carp (<i>Cyprinus carpio</i>) | 28 | Aoe <i>et al</i> , 1969 |
| Channel catfish (<i>Ictalurus punctatus</i>) | 14 | Murai& Andrews, 1978 |
| Rainbow trout (<i>Salmo gairdneri</i>) | 120 – 150 | Halver, 1972 |
| Rainbow trout (<i>Salmo gairdneri</i>) | 10 | Poston&Wolfe, 1985 |
| Brown trout (<i>Salmo trutta</i>) | 120 - 150 | Halver, 1972 |
| Brown trout (<i>Salmo fontinalis</i>) | 120 – 150 | Halver, 1972 |
| Chinok salmon (<i>O.tshawytscha</i>) | 150 – 200 | Halver, 1972 |
| Coho salmon (<i>Oncorhynchus kisutch</i>) | 150 – 200 | Halver, 1972 |
| Shrimp (<i>P.japonicus</i>) larva | 400 | Kanazawa, 1985 |

Tabel 5.35. Tanda-tanda kekurangan niasin pada ikan budidaya (Tacon, 1991)

| Jenis ikan | Tanda-tanda | Referensi |
|--|--|---|
| Salmonids | Nafsu makan menurun, pertumbuhan lambat, penurunan efisiensi pakan, pewarnaan gelap, berenang tidak teratur, penimbunan cairan pada lambung | McLaren et al, 1947, Philips&Brockway,1957 Kitamura <i>et al</i> , 1967, Coat & Halver, 1958, Poston & Wolfe,1985 |
| Common carp (<i>Cyprinus carpio</i>) | Pendarahan pada kulit, kematian tinggi | Aoe, <i>et al</i> , 1966 |
| Channel catfish (<i>Ictalurus punctatus</i>) | Pendarahan dan luka pada kulit dan sirip, kurang darah, exophthalmia, kematian tinggi | Dupree, 1966, Murai & Andrew,1979 |
| Red sea bream | Pertumbuhan lambat | Yone, 1975 |
| Eel (<i>Anguila japonica</i>) | Pendarahan dan luka pada kulit, penurunan pertumbuhan, ataxia, pewarnaan gelap | Arai <i>et al</i> , 1972 |
| Ikan lele (<i>Clarias batracus</i>) | Nafsu makan menurun, pertumbuhan menurun, muscle spasms, kehilangan keseimbangan, pendarahan dibawah kulit dan sirip, exophthalmia, kematian tinggi, berenang tidak teratur. | Butthep <i>et al</i> , 1985 |
| Shrimp (<i>P japonicus</i>) | Pertumbuhan dan penurunan kelangsungan hidup | Kanazawa, 1985 |

Sumber bahan pakan yang banyak mengandung niasin antara lain adalah beras sosoh, ragi kering, dedak, dedak gandum, tepung biji bunga matahari, tepung kacang tanah, tepung hati dan paru, tepung jagung, tepung gandum (Tacon, 1991).

Inositol

Inositol disebut pula zat lipotropik yang berarti dibutuhkan untuk

menghilangkan lemak dalam hati. Inositol berperan terutama sebagai komponen inositida pada hampir semua membran sel. Myoinositol merupakan komponen penting inositol yang mengandung phospholipid. Katabolisme inositol mungkin terjadi melalui reaksi glikolisis dan siklus krebs (Kuksis dan Mookerjea, 1991).

Kebutuhan ikan akan inositol ini berbeda-beda seperti yang telah dirangkum oleh Tacon (1991) pada

Tabel 5.36. Apabila kandungan biotin dalam pakan berkurang maka akan menyebabkan gejala-gejala penyakit seperti yang tertera pada Tabel 5.37.

Tabel 5.36. Kebutuhan inositol dalam pakan Ikan (Tacon, 1991)

| Jenis ikan | Kandungan (mg/kg) | Referensi |
|--|-------------------|------------------------------|
| Common carp (<i>Cyprinus carpio</i>) | 440 | Aoe <i>et al</i> , 1969 |
| Channel catfish (<i>Ictalurus punctatus</i>) | NR | Burtle, 1981 |
| Rainbow trout (<i>Salmo gairdneri</i>) | 250 – 300 | McLaren <i>et al</i> , 1947 |
| Rainbow trout (<i>Salmo gairdneri</i>) | 200 – 300 | Halver, 1972 |
| Chinok salmon (<i>O.tshawytscha</i>) | 300 – 400 | Halver, 1972 |
| Coho salmon (<i>Oncorhynchus kisutch</i>) | 300 – 400 | Halver, 1972 |
| Red sea bream (<i>C.major</i>) | 550 – 900 | Yone <i>et al</i> , 1971 |
| Shrimp (<i>Penaeus japonicus</i>) juvenil | 2000-4000 | Kanazawa, 1985 |
| Shrimp (<i>Penaeus japonicus</i>) larva | 2000 | Kanazawa <i>et al</i> , 1985 |

Tabel 5.37. Tanda-tanda kekurangan inositol pada ikan budidaya (Tacon, 1991)

| Jenis ikan | Tanda-tanda | Referensi |
|--|--|---|
| Salmonids | Pertumbuhan menurun, distended abdomen, warna gelap, peningkatan waktu pengosongan lambung | Mc Laren <i>et al</i> , 1947, Halver, 1957, Philips & Brockway 1957 Coates & Halver, 1958 |
| Common carp (<i>Cyprinus carpio</i>) | Penurunan pertumbuhan, kulit dan sirip luka/pendarahan, kehilangan mucosa kulit | Aoe&Masuda, 1967 |
| Red sea bream | Pertumbuhan menurun | Yone, 1975 |
| Eel (<i>Anguila japonica</i>) | Nafsu makan dan pertumbuhan menurun | Arai <i>et al</i> , 1972 |
| Shrimp (<i>P japonicus</i>) | Pertumbuhan dan kelangsungan hidup menurun | Kanazawa <i>et al</i> , 1976, Kanazawa, 1985 |

Sumber bahan pakan yang banyak mengandung inositol antara lain adalah tepung ikan, ragi bir kering, benih gandum.

Kolin

Kolin adalah basa ammonium bervalensi empat dan tersebar luas di alam, produk degradasinya seperti betain (garam karboksimetiltrimetilammonium hidroksida). Menurut Halver (1988) peran dan fungsi dari kolin antara lain adalah komponen utama dalam fosfolipid dalam membran sel dan lipoprotein serum (pengemulsi), donor asam lemak untuk kolesterol dalam pengelolaan LDL, sumber

grup metil untuk sintesis metionin dan substrat untuk pembentukan neurotransmitter, asetil kolin.

Kebutuhan ikan akan kolin ini berbeda-beda seperti yang telah dirangkum oleh Tacon (1991) pada Tabel 5.38. Apabila kandungan biotin dalam pakan berkurang maka akan menyebabkan gejala-gejala penyakit seperti yang tertera pada Tabel 5.39.

Tabel 5.38. Kebutuhan kolin dalam pakan Ikan (Tacon, 1991)

| Jenis ikan | Kandungan (mg/kg) | Referensi |
|--|-------------------|------------------------------|
| Common carp (<i>Cyprinus carpio</i>) | 4000 | Ogino <i>et al</i> , 1970 |
| Channel catfish (<i>Ictalurus punctatus</i>) | 400 | Wilson & Poe, 1988 |
| Rainbow trout (<i>Salmo gairdneri</i>) | 774 - 813 | Rumsey, 1991 |
| Lake trout (<i>Salmo nemaycush</i>) | 1000 | Ketola, 1976 |
| Chinok salmon (<i>O.tshawytscha</i>) | 600 – 800 | Halver, 1972 |
| Coho salmon (<i>Oncorhynchus kisutch</i>) | 600 – 800 | Halver, 1972 |
| Red sea bream (<i>C.major</i>) | 500 | Yone <i>et al</i> , 1988 |
| Sturgeon (<i>A. transmontanus</i>) | 1700 – 3100 | Hung, 1989 |
| Tilapia (<i>T.aurea</i>) | NR | Roem <i>et al</i> , 1990 |
| Shrimp (<i>Penaeus japonicus</i>) juvenil | 600 | Kanazawa, 1985 |
| Shrimp (<i>Penaeus japonicus</i>) larva | 6000 | Kanazawa <i>et al</i> , 1985 |

Tabel 5.39. Tanda-tanda kekurangan kolin pada ikan budidaya (Tacon, 1991)

| Jenis ikan | Tanda-tanda | Referensi |
|---|---|---|
| Salmonids | Pertumbuhan menurun, hati banyak mengandung lemak, efisiensi pakan menurun, pendarahan pada ginjal dan usus | Mc Laren <i>et al</i> , 1947, Halver, 1957, Philips & Brockway, 1957, Coates & Halver, 1958, Ketola, 1976, Poston, 1990, Rumsey, 1991 |
| Common carp (<i>Cyprinus carpio</i>) | Pertumbuhan menurun dan hati banyak mengandung lemak | Ogino <i>et al</i> , 1970 |
| Channel catfish (<i>I. punctatus</i>) | Penurunan pertumbuhan, pendarahan pada ginjal dan usus | Dupree, 1976, Wilson & Poe, 1988 |
| Red sea bream (<i>C. major</i>) | Pertumbuhan menurun, kematian | Yone, 1975, Yano <i>et al</i> , 1988 |
| Eel (<i>Anguila japonica</i>) | Nafsu makan dan pertumbuhan menurun | Arai <i>et al</i> , 1972 |
| Sturgeon (<i>A. transmontanus</i>) | Pertumbuhan menurun, penyerapan lemak pada hati | Rumsey, 1991 |
| Shrimp (<i>P japonicus</i>) | Pertumbuhan dan kelangsungan hidup menurun | Kanazawa <i>et al</i> , 1976, Kanazawa, 1985 |

Sumber bahan pakan yang banyak mengandung kolin antara lain adalah tepung udang, tepung hati, tepung biji matahari, tepung paru, tepung ikan, tepung benih gandum, tepung ikan putih, tepung biji kapas, tepung kedelai, tepung tulang, tepung kacang tanah (Tacon, 1991).

Vitamin C (asam askorbat)

Vitamin C atau asam korbate mempunyai dua bentuk yaitu bentuk oksidasi disebut L dehydro ascorbic acid dan bentuk reduksi yang disebut

L ascorbic acid. Vitamin C sangat penting bagi pertumbuhan semua hewan karena berperan pada banyak sistem metabolisme enzim. Hasil penelitian dari Boonyaratpalin *et al* (1993), vitamin C sangat berperan dalam pembentukan hidroksiprolin (penyusun kolagen). Dimana kolagen ini terdiri dari hidroksi prolin dan hidroksiprolin. Bersama-sama dengan ATP dan Mg Cl₂ merupakan kofaktor dalam menghambat adipose tissue lipase dan memacu hidrolitik deaminasi dari peptida atau protein sehingga berperan dalam proses aging yaitu membuat jaringan lebih

tahan lama dari proses pelapukan. Selain itu vitamin C dapat meningkatkan respon netrofil terhadap kemotoksis dan meningkatkan proliferosi limfosit sebagai respon terhadap nitrogen serta peningkatan aktivitas netrofil terhadap endotoksin. Gejala defisiensi vitamin C pada ikan disebabkan oleh rusaknya kolagen dan jaringan penunjang. Kolagen merupakan protein pada ikan dan konsentrasinya tinggi ditemukan pada kulit dan tulang (Sandness, 1991).

Kelebihan vitamin C dalam tubuh akan dimetabolisme selanjutnya

dieksresikan melalui urin. Dengan demikian didalam urin terdapat sejumlah metabolit-metabolit asam askorbat dan yang telah teridentifikasi antara lain adalah asam dehidro askorbat, asam diketogulonat askorbat-2-sulfat, metil askorbat serta 2-keto-askorbitol (Muchtadi dkk, 1993).

Kebutuhan ikan akan vitamin C ini berbeda-beda seperti yang telah dirangkum oleh Tacon (1991) pada Tabel 5.40. Apabila kandungan vitamin C dalam pakan berkurang maka akan menyebabkan gejala-gejala penyakit seperti yang tertera pada Tabel 5.41.

Tabel 5.40. Kebutuhan vitamin C dalam pakan Ikan (Tacon, 1991)

| Jenis ikan | Kandungan (mg/kg) | Referensi |
|--|-------------------|------------------------------------|
| Common carp (<i>Cyprinus carpio</i>) | NR | Sato <i>et al</i> , 1978 |
| Channel catfish (<i>Ictalurus punctatus</i>) | 60 | Wilson & Poe, 1973 |
| Channel catfish (<i>Ictalurus punctatus</i>) | 60 | Lovel & Lim, 1978 |
| Channel catfish (<i>Ictalurus punctatus</i>) | 880 | Lovell, 1973 |
| Channel catfish (<i>Ictalurus punctatus</i>) | 25 – 50 | Andrew & Murray, 1974 |
| Channel catfish (<i>Ictalurus punctatus</i>) | NR | Launer <i>et al</i> , 1978 |
| Channel catfish (<i>Ictalurus punctatus</i>) | 11 | Lovell & Naggar, 1989 |
| Nile tilapia (<i>Oreochromis niloticus</i>) | 1250 | Soliman <i>et al</i> , 1986 |
| Rainbow trout (<i>Salmo gairdneri</i>) | 100 – 150 | Halver, 1972 |
| Rainbow trout (<i>Salmo gairdneri</i>) | 40 | Hilton <i>et al</i> , 1978 |
| Rainbow trout (<i>Salmo gairdneri</i>) | 50 – 100 | Sato <i>et al</i> , 1982 |
| Rainbow trout (<i>Salmo gairdneri</i>) | 20 – 264 | Dabowski <i>et al</i> , 1990 |
| Rainbow trout (<i>Salmo gairdneri</i>) | 210 | Sato <i>et al</i> , 1991 |
| Rainbow trout (<i>Salmo gairdneri</i>) | 10 | Cho & Cowey, 1991 |
| Chinok salmon (<i>O.tshawytscha</i>) | 100 – 150 | Halver, 1972 |
| Coho salmon (<i>Oncorhynchus kisutch</i>) | 50 – 80 | Halver, 1972 |
| Atlantic salmon (<i>Salmo salar</i>) | 50 | Lall <i>et al</i> , 1989 |
| Atlantic salmon (<i>Salmo salar</i>) | 10 – 20 | Sandness <i>et al</i> , 1991 |
| Yellow tail (<i>S quinqueradiata</i>) | 30 | Kanazawa <i>et al</i> , in press |
| Asean sea bass (<i>Lates calcarifer</i>) | 700 – 1100 | Boonyaratpalin <i>et al</i> , 1989 |

| Jenis ikan | Kandungan (mg/kg) | Referensi |
|--|-------------------|-------------------------------|
| Mexican cichlid (<i>C urophthalmus</i>) | 40 – 110 | Chaves de Martinez, 1990 |
| Flounder (<i>Paralichthys olivaceus</i>) | 60 – 100 | Tesima <i>et al</i> , 1991 |
| Plaice (<i>Pleuronectes platessa</i>) | 200 | Rosenlund <i>et al</i> , 1990 |
| Prawn (<i>Macrobrachium rosenbergii</i>) | 50 – 100 | Moncreiff <i>et al</i> , 1991 |
| Shrimp (<i>Penaeus japonicus</i>) juvenile | 10.000 | Guary <i>et al</i> , 1976 |
| Shrimp (<i>Penaeus japonicus</i>) juvenil | 3000 | Deshimaru & kuroki, 1976 |
| Shrimp (<i>Penaeus japonicus</i>) juvenil | 1000 | Lightner <i>et al</i> , 1979 |
| Shrimp (<i>Penaeus japonicus</i>) juvenil | 215- 430 | Shigueno&itoh, 1988 |
| Shrimp (<i>Penaeus vannamei</i>) juvenil | 100 | Kanazawa, 1985 |
| Shrimp (<i>Penaeus japonicus</i>)larva | 10.000 | Lawrence& He, 1991 |

Tabel 5.41. Tanda-tanda kekurangan inositol pada ikan budidaya (Tacon, 1991)

| Jenis ikan | Tanda-tanda | Referensi |
|--|--|---|
| Salmonids | Pertumbuhan menurun, scoliosis lordosis, pendarahan pada sirip bagian dalam, warna gelap, kematian meningkat, penurunan daya tetas telur | Mc Laren <i>et al</i> , 1947, Halver, 1989, Philips & Brockway, 1957, Coates & Halver, 1958, Kitamura <i>et al</i> , 1967, Hilton <i>et al</i> , 1978, Sato <i>et al</i> , 1991 |
| Channel catfish (<i>I punctatus</i>) | Penurunan pertumbuhan, scoliosis lordosis, pendarahan bagian dalam dan luar, erosi pada sirip, kulit berwarna gelap, nafsu makan menurun, berenang tidak teratur | Lovell, 1973, Andrew & Murai, 1974, Lovel & Lim, 1973, Wilson & Poe, 1973, Lim & Lovell, 1978, Wilson <i>et al</i> , 1989 |
| Red sea bream | Pertumbuhan menurun | Yone, 1975 |
| Eel (<i>Anguila japonica</i>) | Pertumbuhan menurun, erosi pada sirip, erosi pada rahang bawah | Arai <i>et al</i> , 1972 |
| Snakehead (<i>C. punctata</i>) | Scoliosis lordosis, kurang darah, filamen insang berubah. | Mahajan & Agrawal, 1979. |

| Jenis ikan | Tanda-tanda | Referensi |
|--|--|--|
| Tilapia | Scoliosis lordosis, pertumbuhan menurun, pendarahan pada bagian dalam dan luar, erosi pada sirip ekor, exophthalmia, kurang darah, daya tetas telur menurun | Soliman <i>et al</i> , 1986 |
| Ikan lele (<i>C. batracus</i>) | Scoliosis, pendarahan pada bagian luar, erosi pada sirip, warna kulit gelap | Butthep <i>et al</i> , 1985 |
| Indian major carp | Pertumbuhan menurun, kematian meningkat, scoliosis lordosis, hypochromic macrocytic anemia | Agrawal & Mahajan, 1980 |
| Turbot (<i>S. maximus</i>) | Pertumbuhan menurun, renal granuloma, kematian | Baudin-Laurence <i>et al</i> , 1989, Coustans <i>et al</i> , 1990, Gouillou <i>et al</i> , 1991 |
| Plaice | Pertumbuhan dan kelangsungan hidup menurun | Rosenlund <i>et al</i> , 1990 |
| Asian seabass (<i>Lates calcarifer</i>) | Pertumbuhan menurun, pewarnaan gelap, kehilangan keseimbangan, erosi pada sirip ekor, pendarahan pada insang, exophthalmia, badan pendek, filamen insang rusak | Boonyaratpalin <i>et al</i> , 1989 |
| Mexican Cichlid | Pertumbuhan menurun, kematian tinggi, pewarnaan gelap, pendarahan pada mata, erosi pada kepala dan sirip, exophthalmia, scoliosis lordosis, iritasi, perubahan tulang kepala | Chevas de Martinez, 1990 |
| Udang galah | Pertumbuhan dan kelangsungan hidup menurun | Heinen, 1988, Moncreiff <i>et al</i> , 1991 |
| Shrimp (<i>P. japonicus</i>) | Gejala kematian dengan tanda-tanda hitam, efisiensi pakan dan pertumbuhan serta kelangsungan hidup menurun | Kanazawa, 1985, Guary, 1976, Lightener <i>et al</i> , 1970, Shigueno & Itoh, 1988, Lawrence & He, 1991 |

Sumber bahan pakan yang banyak mengandung vitamin C antara lain adalah lobster, kepiting dan sebagian besar terutama terdapat pada sayuran dan buah-buahan. Vitamin C merupakan vitamin yang paling mudah rusak dan sangat larut dalam air. Disamping itu vitamin C mudah teroksidasi bila dalam keadaan alkalis, suhu tinggi, terkena sinar matahari dan logam berat seperti seng, besi dan terutama tembaga. Oleh karena itu agar vitamin C yang terdapat dalam bahan pakan harus dihindari dari hal-hal tersebut diatas.

5.6. MINERAL

Ikan dalam komposisi zat gizinya juga membutuhkan mineral dalam campuran pakannya agar ikan dapat tumbuh dengan baik. Mineral merupakan unsur anorganik yang dibutuhkan oleh organisme perairan (ikan) untuk proses hidupnya secara normal. Ikan sebagai organisme air mempunyai kemampuan untuk menyerap beberapa unsur anorganik ini, tidak hanya dari makanannya saja tetapi juga dari lingkungan.

Jumlah mineral yang dibutuhkan oleh ikan adalah sangat sedikit tetapi mempunyai fungsi yang sangat penting. Dalam penyusunan pakan buatan mineral mix biasanya ditambahkan berkisar antara 2 – 5% dari total jumlah baha baku dan bervariasi bergantung pada jenis ikan yang akan mengkonsumsinya. Walaupun sangat sedikit yang dibutuhkan oleh ikan, mineral ini mempunyai fungsi yang sangat

utama dalam tubuh ikan antara lain adalah :

- Merupakan bagian terbesar dari pembentukan struktur kerangka, tulang, gigi dan sisik.
- Mineral tertentu dalam bentuk ion di dalam cairan tubuh dapat berperan untuk mempertahankan keseimbangan asam basa serta regulasi pH dari darah dan cairan tubuh lainnya.
- Adanya keterlibatan mineral dalam kerja sistem syaraf dan kontraksi otot
- Merupakan komponen penting dalam hormon, vitamin, enzim dan pigmen pernafasan atau sebagai kofaktor dalam metabolisme, katalis dan enzim aktivator.
- Berperan dalam pemeliharaan tekanan osmotik dan juga mengatur pertukaran air dan larutan dalam tubuh ikan.

Berdasarkan banyaknya fungsi mineral dalam kehidupan ikan, maka mineral merupakan salah satu bahan yang harus ada dalam komposisi pakan ikan. Dan unsur mineral ini sangat essensial bagi kehidupan hewan, ikan dan udang. Unsur mineral essensial ini biasanya diklasifikasikan menjadi dua grup berdasarkan konsentrasinya di dalam tubuh ikan, yaitu: mineral makro dan mineral mikro. Mineral makro adalah mineral yang konsentrasinya dalam tubuh organisme dibutuhkan dalam jumlah besar (lebih dari 100 mg/kg pakan kering), yaitu Calcium (Ca), Magnesium (Mg), Sodium (Na), Potassium (K), Phosphorus (P), Chlorine (Cl) dan Sulphur (S).

Mineral mikro adalah mineral yang konsentrasinya dalam tubuh setiap organisme dalam jumlah sedikit (kurang dari 100 mg/kg pakan kering), yaitu : Besi (Fe), Tembaga (Cu), Mangan (Mn), Seng (Zn), Cobalt (Co), Molybdenum (Mo), Cromium (Cr), Selenium (Se), Fluorine (F), Iodine/Iodium (I), Nickel (Ni) dan lain-lain.

Calsium (Ca)

Kalsium merupakan unsur mineral makro yang didalam tubuh disimpan pada tulang, gigi dan sebagian besar pada kulit dan kerangka tubuh. Peranan dan fungsi kalsium didalam tubuh antara lain adalah sebagai komponen utama pembentuk tulang, gigi, kulit serta sisik dan memelihara ketegaran kerangka tubuh, mengantarkan darah, sebagai "intracellular regulator" atau messenger yaitu membantu regulasi aktivitas otot kerangka, jantung dan jaringan lainnya, kontraksi dan relaksasi otot, membantu penyerapan vitamin B12, menjaga keseimbangan osmotik.

Pengambilan kalsium dari perairan oleh ikan digunakan atas dasar untuk kegiatan struktural. Transpor Ca dari air oleh aliran darah ke jaringan tulang dan kulit berlangsung secara cepat. Jumlah lemak dalam pakan sangat berpengaruh dalam penyerapan Ca oleh usus. Pada kondisi abnormal, yaitu penyerapan lemak terganggu maka Ca pun akan sedikit yang diserap. Hal ini dikarenakan asam lemak yang tidak diserap akan berikatan dengan Ca

dan akan terbuang dalam bentuk feses.

Kandungan Ca dalam perairan sangat diperlukan untuk kehidupan ikan. Perairan dengan kandungan Ca rendah akan berdampak buruk terhadap pertumbuhan dan mengganggu adaptasi pada saat kondisi lingkungan berubah. Perairan yang kaya akan Ca akan meningkatkan toleransi terhadap temperatur dan akan mengurangi keracunan akibat menurunnya pH. Untuk perairan yang kandungan Ca rendah, pH rendah dan kandungan alumunium tinggi tidak akan dihuni oleh ikan. Kandungan Ca yang harus ada dalam pakan ikan sangat sulit untuk diterapkan secara pasti. Sebagai contoh, pada ikan rainbowtrout dengan bobot awal 1,2 g, antara ikan yang diberi Ca 0,3 g/kg dengan 3,4 g/kg ternyata tidak menunjukkan adanya perbedaan dalam pertumbuhannya yang dipelihara pada perairan dengan kandungan Ca 20 – 30 mg/l (Ogino dan Takeda, 1978).

Menurut Rumsey (1977) kebutuhan Ca untuk ikan rainbowtrout pada perairan dengan kalsium rendah (3 mg Ca/l) sama saja dengan yang dipelihara pada kandungan kalsium tinggi (45 mg Ca/l) yaitu sebesar 2 g/kg dalam pakannya. Sedangkan menurut Arai et al (1975) pemberian Ca sebanyak 2,4 g/kg merupakan kebutuhan minimal yang harus dipertimbangkan, pemberian Ca sebanyak 11,5 – 14 g/kg akan berakibat buruk terhadap laju pertumbuhan.

Phosphor (P)

Phosphor adalah komponen pembentuk kerangka tubuh dimana tulang itu disusun oleh mineral P sebesar 16% dan Ca 37%. Selain itu phosphor berfungsi dalam pengaktifan proses metabolisme, komponen DNA, RNA, ATP dan berbagai koenzim, pergerakan otot dan memelihara keseimbangan asam basa.

Phosphor yang diserap oleh tubuh berasal dari makanan dalam bentuk ion fosfat. Penyerapan P oleh tubuh sangat bergantung kepada kandungan P dan Ca dalam pakan. Tingginya kandungan P dalam pakan akan berkorelasi terhadap peningkatan penyerapan P. Akan tetapi, penyerapan P akan semakin menurun dengan meningkatnya kandungan Ca dalam pakan. Sebagian besar kebutuhan P untuk membentuk jaringan struktur tubuh diperoleh dari pakan. Ketersediaan P dalam air akan mengganggu penyerapan P dalam pakan oleh tubuh. Pakan dengan kandungan Ca rendah dan P tinggi akan mendorong ikan untuk mengambil Ca dari lingkungan perairan.

Kekurangan mineral P pada pakan ikan dapat mengakibatkan pertumbuhan terhambat, proses pembentukan tulang terganggu dan konversi pakan menjadi meningkat. Kekurangan phosphor pada ikan mas mengakibatkan pertumbuhan terganggu, nafsu makan menurun, tulang belakang bengkok dan rapuh serta kandungan lemak dalam daging meningkat. Wilson et al (1982), melakukan penelitian

terhadap ikan channel catfish yang memperlihatkan bahwa peningkatan P yang tersedia dalam makanan dari 0,07% menjadi 0,54% akan meningkatkan pertambahan bobot relatif dari 135% menjadi 706% dan efisiensi pakan dari 36% menjadi 99%. Tetapi bila kandungan P terus dinaikkan sampai 1,02% maka pertumbuhan relatif akan turun dari 706% menjadi 620% dan efisiensi pakan akan turun dari 99% menjadi 90%.

Magnesium (Mg)

Magnesium merupakan kofaktor bagi semua enzim yang terlibat di dalam reaksi pemindahan fosfat (fosfokinase) yang menggunakan ATP dan fosfat nukleotida yang lain sebagai substrat. Pada hewan vertebrata kurang lebih 60% total magnesium tubuh berada dalam tulang, sebagian lagi terdapat dalam bentuk mineral yang mengkristal dan berada dalam sel jaringan lunak. Fungsi magnesium bagi ikan dan udang adalah sebagai komponen esensial dalam menjaga homeostasis intra dan ekstra seluler.

Magnesium dalam tubuh diserap oleh usus halus dan hanya sedikit yang diekskresikan dan hampir seluruhnya diserap secara sempurna. Penyerapan magnesium dalam tubuh dipengaruhi oleh masuknya magnesium dalam usus, waktu singgah di usus, kecepatan penyerapan air, kadar kalsium fosfat dan laktosa dalam pakan, sumber magnesium dan umur serta jenis ikan. Kandungan magnesium di dalam ikan jumlahnya relatif rendah

dibandingkan dengan hewan darat. Sebagian besar magnesium, kurang lebih 65%, berada dalam kerangka tubuh ikan. Pada ikan mirror carp terdapat 340 – 3300 gram dimana kandungan terbesar terdapat pada vertebrae sebesar 1,0 – 1,6 g/kg, pada otot 200 – 267 mg/kg dan pada hati terdapat 62 – 203 mg/kg.

Konsentrasi magnesium dalam perairan tawar sering tidak mencukupi untuk kebutuhan metabolisme ikan, oleh karena itu pemberian mineral magnesium pada pakan untuk pemeliharaan ikan air tawar sangat penting. Rendahnya suplai magnesium dalam pakan dapat mengakibatkan nafsu makan berkurang, pertumbuhan dan aktivitas ikan berkurang, kandungan Ca dan Mg dalam tubuh dan vertebrae akan berkurang. Selain itu ikan akan memperlihatkan keabnormalan dalam pertumbuhan tulang. Pada ikan trout telah diteliti oleh Cowey *et al* (1977) bahwa pertambahan bobot dan penggunaan pakan pada ikan yang diberi pakan dengan kandungan Mg sebesar 1000 mg/kg jauh lebih baik dibandingkan dengan ikan trout yang hanya diberi Mg sebesar 26 - 63 mg/kg. Perbaikan kandungan Mg dalam pakan akan berdampak terhadap peningkatan Mg dalam serum. Kekurangan Mg pada kandungan Ca 26 dan 40 g/kg akan menyebabkan penyakit nephrocalcinosis dan di dalam jaringan otot akan meningkat kandungan Na yang dapat meningkatkan cairan ekstraseluler. Pada ikan rainbow trout berukuran 16 gram atau 35 gram memerlukan Mg dalam pakan sebesar 500 mg/kg. Jika kurang dari 500 mg/kg pakan

maka dapat mengakibatkan pertumbuhan lambat dan pakan menjadi tidak efisien. Sedangkan pada ikan yang berukuran 21 gram yang dipelihara selama delapan minggu, kekurangan Mg dapat mengakibatkan penurunan kandungan Mg pada plasma, otot dan tulang.

Berdasarkan hasil penelitian Satoh *et al* (1983) , pada ikan trout yang tidak ditambahkan mineral Mg pada pakan bukannya menunjukkan adanya gejala katarak sebesar 29%. Pada ikan Mas pemberian Mg sebesar 52 mg/kg dapat meningkatkan kematian sebesar 16%. Selain itu pada ikan mas yang dipelihara selama 83 hari dengan pakan kurang Mg menunjukkan peningkatan terjadinya katarak sebesar 40%. Oleh karena itu pada ikan mas diestimasi kebutuhan Mg dalam pakan berkisar antara 400 – 500 mg/kg.

Potassium (K)

Ion potassium (K) adalah elektrolit yang banyak dijumpai dalam tubuh dalam bentuk ion terdisosiasi penuh dan merupakan partikel utama yang bertanggungjawab dalam osmolaritas. Ion K ini akan mempengaruhi kelarutan protein dan komponen lainnya. Ion K ini bersama-sama dengan natrium dan klorida berperan secara fisiologis dalam memelihara keseimbangan air dan distribusinya, memelihara keseimbangan osmotik normal, memelihara keseimbangan asam basa dan memelihara iritabilitas otot.

Berdasarkan hasil penelitian dari beberapa peneliti diketahui bahwa ikan air tawar dalam pemenuhan ion K tidak banyak diambil dari lingkungan perairan, namun lebih banyak diperoleh dari pakan. Apabila ion K dalam pakan kurang dari 1 mg/kg akan menyebabkan penggunaan pakan tidak efisien, pertumbuhan lambat dan kematian meningkat. Pertumbuhan ikan dapat dicapai jika pada pakan ikan mengandung ion K maksimum 800 mg/kg. Konsentrasi K dalam tubuh berkisar antara 600 – 800 mg/kg pakan.

Sodium (Na)

Sodium seperti halnya potasium sangat penting perannya dalam osmoregulasi dan keseimbangan asam basa ikan. Pada hewan darat sodium yang berasal dari makanan akan diserap oleh tubuh secara cepat dan efisien dan hanya sedikit sekali yang dikeluarkan melalui feses.

Kekurangan sodium dapat mengakibatkan dehidrasi, keletihan, anoxia dan kram otot. Pemberian sodium sebesar 2200 mg/kg pakan pada ikan rainbowtrout sudah mencukupi kebutuhan ikan tersebut terhadap sodium. Tetapi dalam percobaan Salman dan Eddy (1988) pemberian sodium sebesar 1000 – 3000 mg/kg pakan tidak memberikan perbedaan pertambahan bobot .

Clorin (Cl)

Clorin berperan besar dalam aktivitas osmoregulasi. Pertukaran klorin sebagian besar terjadi pada insang. Pada ikan air tawar pengambilan klorin terjadi pada kondisi medium yang hipotonik, dengan cara memompa NaCl melalui insangnya dan pengeluaran klorin dilakukan dalam bentuk urin. Pada ikan air laut pengambilan klorin dilakukan dengan cara melakukan banyak minum air laut sehingga klorin secara difusi ikut masuk kedalam tubuh ikan. Selain itu ikan air laut bisa melakukan dengan cara memompa melalui insang epithelium pada kondisi medium hipertonic. Dalam kondisi normal klorin dikeluarkan dalam bentuk urin pada jumlah yang sedikit, namun pada kondisi stres ikan banyak mengeluarkan urin sehingga kehilangan NaCl cukup besar. Klorin keluar dari tubuh melalui urin dan sedikit melalui feses.

Ketersediaan Cl di dalam air sangat menguntungkan untuk kehidupan ikan agar mempunyai toleransi terhadap perubahan suhu. Pada ikan salmon yang dipelihara dengan kandungan garam 1 – 1,5% memberikan pengaruh terhadap peningkatan food intake dan transportasi. Pemberian garam pada bahan pakan dari segi manfaatnya masih diperdebatkan. Hal ini dikarenakan dari hasil penelitian memberikan hasil yang menunjukkan bahwa pemberian NaCl pada pakan berakibat buruk pada penambahan bobot. Pemberian NaCl sebanyak 3% pada pakan mengakibatkan pertambahan bobot hanya 85% dibandingkan dengan kontrol. Pada

penambahan NaCl sebanyak 6% memberikan pertambahan bobot sebesar 77% sedangkan penambahan sebanyak 12% mengakibatkan pertambahan bobot sebesar 70%. Hal ini dikarenakan NaCl pada tingkatan yang tinggi diserap dalam 24 jam yang kelebihanannya akan dikeluarkan kedalam perairan tawar pada sistem

osmoregulasi dalam urin hipoosmotik normal, sedangkan pada ikan laut pengambilan NaCl dalam jumlah besar relatif sering terjadi pada berbagai kasus.

Kebutuhan mineral makro dan mikro pada beberapa jenis ikan menurut hasil penelitian Steffens dapat dilihat pada Tabel 5.42 dan 5.43.

Tabel 5.42. Kebutuhan mineral makro dalam pakan pada berbagai jenis ikan air tawar (mg/kg atau g/kg berat kering)

| Jenis ikan | Ca | P | Mg | K |
|-----------------|-------------|-------------|--------------|-----------|
| Rainbow trout | 300 mg – 3g | Sekitar 6 g | 400 – 700 mg | Max 1,6 g |
| Mas | 300 mg – 3g | Sekitar 6 g | 400 – 700 mg | - |
| Sidat Jepang | 300 mg – 3g | Sekitar 6 g | 400 – 700 mg | - |
| Channel catfish | 4,5 g | 4,2 – 4,5 g | 400 – 700 mg | - |
| Tilapia | 7 g | 4,5 – 6 g | 400 – 700 mg | - |

Tabel 5.43. Kebutuhan mineral mikro dalam pakan pada berbagai jenis ikan air tawar (mg/kg pakan)

| Jenis ikan | Fe | Cu | Mn | Zn | Co | Se |
|-----------------|----|----|-----|---------|-----|-------------|
| Rainbow trout | R | 3 | 13 | 15 – 30 | - | 0,15 - 0,38 |
| Channel catfish | 30 | 5 | 2,4 | 20 | - | 0,25 |
| Tilapia | - | - | 1,7 | 20 | - | - |
| Common carp | - | 3 | 13 | 15 – 30 | - | R |
| Ikan kerapu | 30 | 3 | 5 | 30 | 0,5 | 0,1 |

Besi (Fe)

Zat besi merupakan unsur mineral mikro yang paling banyak terdapat dalam tubuh ikan dan manusia. Dalam makanan terdapat dua

macam zat besi, yaitu dalam bentuk *heme* dan *non heme*. Zat besi heme ditemukan dalam bentuk hemoglobin dan zat besi non heme dalam otot yang disebut myoglobin.

Fungsi dan peranan zat besi dalam tubuh ikan antara lain adalah :

- Unsur yang sangat penting dalam pigmen darah (hemoglobin dan myoglobin)
- Terlibat dalam pengangkutan oksigen dalam darah dan urat daging (otot) serta pemindahan/transfer elektron dalam tubuh
- Unsur yang sangat penting dari variasi sistem enzim, yang meliputi enzim katalase, enzim peroxidase, enzim xantin oksidase, enzim aldehyde oksidase dan enzim succinic dehydrogenase.

Ikan dapat menyerap zat besi terlarut dari air melalui insang, sirip

dan kulit. Zat besi dalam bentuk tereduksi, ion Fero (Fe^{++}) lebih mudah diserap karena lebih mudah larut dalam cairan-cairan pencernaan. Penyerapan zat besi dalam saluran pencernaan sangat dipengaruhi oleh kadar keasaman, pH atau keasaman lambung dan bagian atas usus halus.

Ikan sangat membutuhkan zat besi dalam suplai makanannya. Kebutuhan zat besi untuk setiap jenis ikan berbeda. Menurut hasil penelitian Lall (1989) dan NRC (1993) kebutuhan zat besi pada setiap jenis ikan dapat dilihat pada Tabel 5.44.

Tabel 5.44. Kebutuhan zat besi pada beberapa jenis ikan

| No. | Jenis ikan | Zat besi (mg/kg pakan) |
|-----|--|------------------------|
| 1. | Atlantik Salmon (<i>Salmo solar</i>) | 60 |
| 2. | Channel catfish (<i>Ictalurus punctatus</i>) | 30 |
| 3. | Eel (<i>Anguila japonica</i>) | 170 |
| 4. | Common carp (<i>Cyprinus carpio</i>) | 150 |
| 5. | Rainbow trout (<i>Salmo gairdneri</i>) | 60 |
| 6. | Kerapu (<i>Epinephelus</i> sp) | 30 |

Kekurangan zat besi pada ikan dapat membawa dampak yang merugikan bagi ikan. Pada beberapa jenis ikan memberikan dampak yang berbeda, misalnya pada ikan channel catfish dapat mengakibatkan pertumbuhan terhambat, konversi pakan rendah, nafsu makan menurun dan abnormalitas. Sedangkan pada

ikan salmon, japanese eel, common carp dan red sea bream dapat mengakibatkan *hypochromic microcytic anemia* yaitu sel-sel darah merah berwarna lebih pucat dengan ukuran sel yang lebih besar.

Seng (Zn)

Ikan mengakumulasi seng dari dua sumber, yaitu pakan dan air, namun seng yang berasal dari pakan penyerapannya lebih efisien daripada dari air. Seng di dalam tubuh organisme sangat berperan penting sebagai kofaktor dari beberapa sistem enzim yang penting dalam proses metabolisme.

Ikan dapat menyerap seng dari insang, kulit dan sirip. Seperti unsur lainnya selain diperoleh dari lingkungan perairan mineral seng perlu ditambahkan ke dalam sumber makanannya agar kebutuhan ikan

akan mineral seng dapat terpenuhi. Mineral seng diserap dengan bantuan proses difusi dalam duodenum dan jejunum bagian atas. Zat-zat yang membantu penyerapan mineral seng antara lain adalah asam amino terutama histidin dan sistein, asam sitrat, monosakarida dan komponen-komponen EDTA.

Kebutuhan ikan akan mineral seng ini bervariasi bergantung pada usia, kematangan seksual, komposisi pakan, suhu air dan kualitas air. Kebutuhan mineral seng dari hasil penelitian dapat dilihat pada Tabel 5.45.

Tabel 5.45. Kebutuhan mineral seng pada beberapa jenis ikan

| No. | Jenis ikan | Zat besi (mg/kg pakan) |
|-----|--|------------------------|
| 1. | Channel catfish (<i>Ictalurus punctatus</i>) | 20 |
| 2. | Tilapia (<i>Oreochromis aurea</i>) | 20 |
| 3. | Common carp (<i>Cyprinus carpio</i>) | 15 - 30 |
| 4. | Rainbow trout (<i>Salmo gairdneri</i>) | 15 - 30 |
| 5. | Kerapu (<i>Epinephelus</i> sp) | 50 |

Dampak dari kekurangan mineral Zn untuk setiap jenis ikan berbeda. Pada ikan channel catfish dapat menyebabkan pertumbuhan menurun, nafsu makan rendah dan menurunkan tingkat serum alkaline phosphatase. Pada ikan mas menyebabkan pertumbuhan lambat, nafsu makan menurun, kematian tinggi, pengikisan pada kulit dan sirip serta menaikkan kadar besi dan tembaga di usus dan hepatopankreas.

Selain itu menurut Watanabe (1988) memperlihatkan bahwa kekurangan seng pada Rainbow trout dapat menyebabkan pertumbuhan menurun, mortalitas tinggi, pengikisan pada sirip dan kulit serta katarak pada mata dan bentuk tubuh menjadi kerdil dan pendek. Pada Japanese eel akan menyebabkan bentuk tubuh yang kerdil sedangkan pada channel catfish juga menyebabkan pertumbuhan lambat serta anorexia.

Mangan (Mn)

Mangan pada ikan sangat berperan sebagai enzim aktivator untuk enzim-enzim yang menjembatani transfer dari grup phosphatase, sebagai komponen essensial dari enzim piruvate carboxylase, sebagai kofaktor atau komponen kunci dari beberapa sistem enzim, mangan essensial untuk

pembentukan tulang, regenerasi sel darah merah, metabolisme karbohidrat dan siklus reproduksi.

Kebutuhan mangan pada beberapa jenis ikan berbeda (Tabel 5.46). Untuk induk ikan salmon kebutuhan mineral mangannya > 50 mg/kg.

Tabel 5.46. Kebutuhan mangan pada beberapa jenis ikan

| No. | Jenis ikan | Zat besi (mg/kg pakan) |
|-----|--|------------------------|
| 1. | Atlantik Salmon (<i>Salmo solar</i>) | 20 |
| 2. | Channel catfish (<i>Ictalurus punctatus</i>) | 20 |
| 3. | Common carp (<i>Cyprinus carpio</i>) | 13 |
| 4. | Rainbow trout (<i>Salmo gairdneri</i>) | 13 |

Dampak yang diakibatkan dari kekurangan mineral mangan pada komposisi pakan ikan untuk setiap jenis ikan biasanya berbeda, antara lain adalah ; berkurangnya pertumbuhan, struktur tulang yang tidak normal pada ikan rainbow trout, carp dan tilapia, rendahnya daya tetas dan jumlah telur pada induk ikan, ataxia yaitu ketidakmampuan tubuh untuk mengkoordinasikan gerakan-gerakan otot secara sempurna serta menurunnya penampakan reproduksi. Kekurangan mangan pada pakan dapat dilakukan dengan menambahkan kandungan mineral mangan dalam pakan dalam bentuk mangan sulphat ($MnSO_4$) dan mangan klorida ($MnCl_2$).

Tembaga (Cu)

Tembaga merupakan unsur essensial dari sistem oksidasi-reduksi-enzim dan terlibat dalam metabolisme besi. Oleh karena itu tembaga terlibat dalam sintesis hemoglobin dan produksi sel darah dan perawatannya. Tembaga dibutuhkan untuk pembentukan pigmen melanin dan pigmen pada kulit, untuk pembentukan tulang dan penghubung jaringan serta merawat keseimbangan serabut myelin dari jaringan syaraf.

Mineral tembaga yang diserap oleh hewan dan ikan sangat dipengaruhi oleh jumlah dan bentuk kimia

mineral tembaga yang diterima, kandungan beberapa ion metal lain dan zat-zat organik serta umur.

Kebutuhan mineral tembaga berdasarkan hasil penelitian pada beberapa jenis ikan dapat dilihat pada Tabel 5.47.

Tabel 5.47. Kebutuhan mineral tembaga pada beberapa jenis ikan

| No. | Jenis ikan | Zat besi (mg/kg pakan) |
|-----|--|------------------------|
| 1. | Atlantik Salmon (<i>Salmo solar</i>) | 5 |
| 2. | Channel catfish (<i>Ictalurus punctatus</i>) | 5 |
| 3. | Common carp (<i>Cyprinus carpio</i>) | 3 |
| 4. | Rainbow trout (<i>Salmo gairdneri</i>) | 3 |

Dampak kekurangan tembaga pada ikan sebagai organisme air jarang sekali terjadi karena mineral ini sudah cukup banyak tersedia dalam air. Pada ikan dampak mineral tembaga yang sudah diamati adalah kalau terjadi keracunan tembaga akibat terjadinya pencemaran lingkungan perairan yang dapat mengakibatkan rusaknya insang, mengurangi pigmentasi dan pertumbuhan lambat.

Cobalt (Co)

Mineral cobalt pada ikan diserap dari air disekitarnya dan masuk melalui insang. Konsentrasi cobalt yang masuk kedalam tubuh ikan sangat dipengaruhi oleh suhu lingkungan dan konsentrasi kalsium, dimana dengan meningkatnya suhu dan kalsium dilingkungan akan meningkatkan konsentrasi cobalt.

Cobalt mempunyai fungsi dan peranan pada ikan antara lain adalah merupakan komponen integral dari Cyanocobalamin (vitamin B12), sangat dibutuhkan untuk sintesa mikroflora pada saluran usus serta sangat penting untuk pembentukan sel darah merah dan perawatan jaringan syaraf, cobalt juga berfungsi sebagai agen kegiatan untuk sistem variasi enzim.

Penyerapan mineral cobalt oleh ikan akan meningkat jika tubuh kekurangannya diserap dalam usus halus. Cobalt yang diserap secara normal tidak selalu dalam bentuk vitamin B12, hanya 1/10 – 1/12 cobalt pada tubuh dalam bentuk vitamin. Kebutuhan mineral cobalt oleh ikan berkisar antara 1 – 6 mg/kg pakan. Meningkatnya kandungan cobalt pada tubuh ikan rainbow trout dapat menyebabkan racun dan meningkatkan haemorrhages pada saluran pencernaan dan pola putih pada sel darah. Selama masa perkembangan embrio telur ikan rainbow trout kebutuhan cobalt meningkat.

Yodium (I)

Yodium adalah komponen integral dari hormon thyroid dan sangat penting untuk sintesis hormon thyroid, yaitu Triiodothyronine (T3) dan thyroxine (Tetra iodothyronine/ T4). Yodium berfungsi untuk mengatur laju metabolisme seluruh proses ke dalam tubuh. Ikan memperoleh yodium dari air melalui pompa brachial dan makanan. Jumlah total yodium yang terkandung dalam kelenjar thyroid adalah 70 – 80%. Yodium terdapat dalam saluran pencernaan dalam bentuk ion I⁻ dan diserap secara sempurna dalam lambung dan usus, kemudian ditransport ke kelenjar thyroid dan diubah dalam bentuk yodium inorganik yaitu Monoiodotirosin, Diodotirosin, Triiodothyronine (T3) dan thyroxine (Tetra iodothyronine/ T4) serta komponen-komponen organik yang mengandung yodium. Yodium yang tertangkap oleh kelenjar thyroid akan disimpan dalam bentuk Tiraglobulin merupakan protein yang mengandung yodium.

Kebutuhan ikan akan yodium berkisar antara 1 – 5 mg/kg pakan. Dampak kekurangan yodium pada ikan brook trout mengakibatkan thyroid hyperplasia (pembengkakan pada kelenjar thyroid), bentuk tubuh kerdil dan pertumbuhan terhambat.

Selenium (Se)

Selenium adalah bagian yang melengkapi dari enzim Glutation Peroksidase yaitu suatu enzim yang merubah hydrogen peroxide dan lemak hydroperoxides ke dalam air dan lemak alkohol secara berurutan. Enzim ini berfungsi dalam melindungi sel dari pengaruh peroxides. Enzim ini bersama-sama dengan vitamin E berfungsi sebagai antioksidan biologis yang melindungi polyunsaturated phospholipid di dalam sel dan sub sel membran dari kerusakan peroksidatif.

Selenium diserap oleh ikan dari makanan dan lingkungan perairan melalui jalur gastrointestinal. Duodenum merupakan daerah penyerapan utama mineral ini dan akan berikatan pada protein dalam bentuk asam amino yang mengandung ikatan sulfur. Selenium yang berikatan dengan protein ini akan ditransport ke dalam plasma darah dan jaringan lainnya.

Pada ikan selenium sangat dibutuhkan untuk mencegah penyakit otot menyusut (muscular dystrophy). Kebutuhan selenium untuk mengoptimalkan pertumbuhan dan memaksimalkan aktivitas glutathione peroxidase adalah 0,15 – 0,28 mg/kg untuk ikan rainbowtrout dan 0,25 mg/kg untuk ikan channel catfish. Pada ikan rainbow trout dan channel catfish kekurangan selenium dapat mengakibatkan depresi pertumbuhan.

BAB VI. Teknologi Pakan Buatan

Pakan buatan adalah pakan yang dibuat oleh manusia untuk ikan peliharaan yang berasal dari berbagai macam bahan baku yang mempunyai kandungan gizi yang baik sesuai dengan kebutuhan ikan dan dalam pembuatannya sangat memperhatikan sifat dan ukuran ikan. Pakan buatan dibuat oleh manusia untuk mengantisipasi kekurangan pakan yang berasal dari alam yang kontinuitas produksinya tidak dapat dipastikan. Dengan membuat pakan buatan diharapkan jumlah pakan yang dibutuhkan oleh ikan akan terpenuhi setiap saat. Pakan buatan yang berkualitas baik harus memenuhi kriteria-kriteria seperti:

- Kandungan gizi pakan terutama protein harus sesuai dengan kebutuhan ikan
- Diameter pakan harus lebih kecil dari ukuran bukaan mulut ikan
- Pakan mudah dicerna
- Kandungan nutrisi pakan mudah diserap tubuh
- Memiliki rasa yang disukai ikan
- Kandungan abunya rendah
- Tingkat efektivitasnya tinggi

Sebelum melakukan pembuatan pakan ikan harus dipahami terlebih dahulu tentang jenis-jenis pakan yang dapat diberikan kepada ikan budidaya. Pengelompokan jenis-jenis pakan ikan dapat dibuat berdasarkan bentuk, berdasarkan kandungan airnya, berdasarkan sumber dan berdasarkan kontribusinya pada pertumbuhan ikan. Jenis-jenis pakan buatan berdasarkan bentuk antara lain adalah:

1. Bentuk larutan

Digunakan sebagai pakan burayak ikan (berumur 2 - 20 hari). Larutan ada 2 macam, yaitu: 1) Emulsi, bahan yang terlarut menyatu dengan air pelarutnya; 2) Suspensi, bahan yang terlarut tidak menyatu dengan air pelarutnya. Bentuk larutan ini biasanya diberikan pada saat larva dengan komposisi bahan baku yang utama adalah kuning telur bebek atau ayam dengan tambahan vitamin dan mineral.

2. Bentuk tepung/*meals*

Digunakan sebagai pakan larva sampai benih (berumur 2-40 hari). Tepung halus diperoleh dari

remah yang dihancurkan atau dibuat komposisi dari berbagai sumber bahan baku seperti menyusun formulasi pakan, dan biasanya diberikan pada larva sampai benih ikan.

3. Bentuk butiran/*granules*
Digunakan sebagai pakan benih gelondongan (berumur 40-80 hari). Tepung kasar juga diperoleh dari remah yang dihancurkan atau dibuat sama seperti membuat formulasi pakan lengkap dan bentuknya dibuat menjadi butiran.
4. Bentuk remahan/*crumble*
Digunakan sebagai pakan gelondongan besar/ikan tanggung (berumur 80-120 hari). Remah berasal dari pellet yang dihancurkan menjadi butiran kasar.
5. Bentuk lembaran/*flake*
Biasa diberikan pada ikan hias atau ikan laut dan dibuat dari berbagai bahan baku disesuaikan dengan kebutuhan dan pada saat akan dibentuk dapat menggunakan peralatan pencetak untuk bentuk lembaran atau secara sederhana dengan cara membuat komposisi pakan kemudian komposisi berbagai bahan baku tersebut dibuat emulsi yang kemudian dihamparkan di atas alas aluminium atau seng dan dikeringkan, kemudian diremas-remas.
6. Bentuk pellet tenggelam/*sinking*
Biasa digunakan untuk kegiatan pembesaran ikan air tawar maupun ikan air laut yang mempunyai kebiasaan tingkah laku ikan tersebut berenang di dalam perairan. Ukuran ikan

yang mengkonsumsi pakan bentuk pellet bervariasi dari ukuran bukaan mulut lebih dari 2 mm maka ukuran pelet yang dibuat biasanya 50%nya yaitu 1 mm. Bentuk pellet ini juga dapat digunakan sebagai pakan ikan dewasa yang sudah mempunyai berat > 60-75 gram dan berumur > 120 hari.

7. Bentuk pellet terapung/*floating*
Biasa digunakan untuk kegiatan pembesaran ikan air tawar maupun ikan air laut yang mempunyai kebiasaan tingkah laku ikan tersebut berenang di permukaan perairan. Ukuran ikan yang mengkonsumsi pakan bentuk pellet bervariasi dari ukuran bukaan mulut lebih dari 2 mm maka ukuran pelet yang dibuat biasanya 50%nya yaitu 1 mm. Bentuk pellet ini juga dapat digunakan sebagai pakan ikan dewasa yang sudah mempunyai berat > 60-75 gram dan berumur > 120 hari.

Jenis pakan ikan berdasarkan kandungan airnya dapat dikelompokkan menjadi tiga yaitu :

1. Pakan basah yaitu pakan yang mengandung air biasanya lebih dari 50%. Pakan basah biasanya terdiri dari pakan segar atau pakan beku, berupa cincangan atau gilingan daging ikan yang tidak bernilai ekonomis. Jenis pakan ini biasa diberikan kepada induk-induk ikan laut/udang, contoh pakan basah antara lain adalah cincangan daging cumi-cumi atau ikan laut.
2. Pakan lembab yaitu pakan yang mengandung air berkisar antara 20-40%. Pakan lembab dibuat

sebagai alternatif dari pakan basah yang banyak kekurangannya antara lain dapat mencemari perairan dan kekurangan asam amino tertentu. Pakan lembab ini dibuat dengan komposisi pakan sesuai kebutuhan ikan tetapi dalam prosesnya tidak dilakukan pengeringan, dibiarkan lembab dan disimpan dalam bentuk pasta kemudian dibekukan. Tetapi ada juga pakan basah ini dibuat dengan komposisi ikan yang dipasteurisasi ditambah beberapa tambahan seperti perekat, vitamin dan mineral atau silase ikan yang diberi beberapa komposisi zat tambahan. Pakan lembab ini dapat diberikan pada ukuran ikan dari benih sampai ke pembedaran.

3. Pakan kering yaitu pakan yang mengandung air kurang dari 10%. Jenis pakan ini yang biasa digunakan pada budidaya ikan secara intensif karena sangat mudah dalam proses distribusi, penyimpanan dan penanganannya. Jenis pakan kering ini dapat dibuat dengan berbagai macam bentuk disesuaikan dengan kebutuhan ikan dan pada setiap tahapan budidaya dapat menggunakan pakan kering ini disesuaikan dengan ukuran dan jenis ikan yang akan mengkonsumsinya.

Jenis pakan ikan berdasarkan sumbernya dapat dikelompokkan menjadi dua yaitu pakan alami dan pakan buatan. Dalam buku teks ini akan dibahas secara detail setiap kelompok pakan ini pada bab tersendiri yaitu teknologi pembuatan

pakan dan teknologi produksi pakan alami.

Jenis pakan ikan berdasarkan konstribusinya dalam menghasilkan penambahan berat badan dapat dikelompokkan menjadi dua yaitu :

1. *Supplementary Feed*/pakan suplemen yaitu pakan yang dalam konstribusinya hanya menghasilkan penambahan berat badan kurang dari 50%. Jenis pakan ini biasanya dibuat oleh para pembudidaya ikan dengan mencampurkan beberapa bahan baku tanpa memperhitungkan kandungan proteinnya sehingga kandungan nutrisi dari pakan ini tidak lengkap.
2. *Complete Feed*/pakan lengkap yaitu pakan yang dalam konstribusinya menghasilkan penambahan berat badan lebih dari 50%. Jenis pakan ini biasanya adalah pakan kering dengan berbagai bentuk dimana komposisi bahan bakunya lengkap sehingga kandungan protein pakan mencukupi kebutuhan ikan yang akan mengkonsumsinya.

Dengan mengetahui jenis-jenis pakan maka para pembudidaya ikan dapat menentukan jenis pakan yang akan dibuat disesuaikan dengan ikan yang akan dipeliharanya. Jenis pakan buatan yang akan dibahas dalam buku ini adalah pakan buatan yang akan dikonsumsi oleh ikan yang berukuran induk, larva atau benih sesuai dengan kebutuhan nutrisi ikan dalam bentuk pakan kering atau lembab. Pakan buatan yang dibuat sesuai dengan kebutuhan nutrisi ikan akan

memberikan pertumbuhan yang optimal bagi ikan yang mengkonsumsinya. Selain itu pakan yang dibuat sendiri mempunyai kandungan protein dan energi yang sesuai dengan kebutuhan ikan serta mempunyai harga yang lebih murah dibandingkan dengan membeli pakan buatan. Pakan merupakan komponen biaya operasional yang cukup besar dalam suatu usaha budidaya ikan sekitar 60% merupakan biaya pakan. Oleh karena itu dengan mempunyai kompetensi pembuatan pakan ikan diharapkan akan mengurangi biaya produksi yang cukup besar.

Dalam membuat pakan buatan langkah pertama yang harus dilakukan adalah melakukan perencanaan pembuatan pakan buatan. Perencanaan terhadap pembuatan pakan harus dibuat dengan seksama agar pakan yang dibuat sesuai dengan kebutuhan ikan yang mengkonsumsinya. Pengetahuan pertama yang harus dipahami adalah mengenai kandungan nutrisi dari pakan buatan.

Kandungan nutrisi yang terdapat didalam pakan buatan harus terdiri dari protein, lemak, karbohidrat, vitamin dan mineral. Komposisi nutrisi pakan yang terdapat pada pakan buatan sangat spesifik untuk setiap ukuran ikan. Kualitas pakan buatan ditentukan antara lain oleh kualitas bahan baku yang ada. Hal ini disebabkan selain nilai gizi yang dikandung bahan baku harus sesuai dengan kebutuhan ikan, juga pakan buatan ini disukai ikan baik rasa,

aroma dan lain sebagainya yang dapat merangsang ikan untuk memakan pakan buatan ini. Kajian tentang materi ini telah dibahas dalam bab sebelumnya yaitu tentang nutrisi ikan.

6.1. JENIS-JENIS BAHAN BAKU

Bahan baku yang dapat digunakan dalam membuat pakan buatan ada beberapa macam. Dalam memilih beraneka macam bahan baku tersebut harus dipertimbangkan beberapa persyaratan. Persyaratan pemilihan bahan baku ini dapat dikelompokkan menjadi dua yaitu persyaratan teknis dan persyaratan sosial ekonomis.

Persyaratan teknis yang harus diperhatikan dalam memilih bahan baku untuk pembuatan pakan buatan adalah :

- Mempunyai nilai gizi tinggi, dengan bahan baku yang bergizi tinggi akan diperoleh pakan yang dapat dicerna oleh ikan dan dapat menjadi daging ikan lebih besar dari 50%.
- Tidak mengandung racun, bahan baku yang mengandung racun akan menghambat pertumbuhan ikan dan dapat membuat ikan mati.
- Sesuai dengan kebiasaan makan ikan, bahan baku yang digunakan sebaiknya disesuaikan dengan kebiasaan makan ikan di alam, hal ini dapat meningkatkan selera makan dan daya cerna ikan. Seperti

diketahui bahwa berdasarkan kebiasaan makannya jenis pakan dapat dikelompokkan menjadi tiga yaitu herbivor, omnivor dan karnivor. Maka dalam memilih bahan baku yang akan digunakan untuk ikan herbivor akan sangat berbeda untuk ikan karnivora atau omnivor. Pada

ikan herbivor komposisi bahan baku lebih banyak yang berasal dari nabati dan untuk ikan karnivor maka komposisi bahan bakunya lebih banyak berasal dari hewani. Beberapa jenis ikan berdasarkan kebiasaan makannya dapat dilihat pada Tabel 6.1.

Tabel 6.1. Beberapa jenis ikan berdasarkan kebiasaan makannya (Hertrampf, J.W and Pascual, F.P, 2000)

| Kelompok | Jenis ikan |
|-----------|---|
| Herbivora | Big head carp (<i>Aristichthys nobilis</i>) Grass carp/ikan koan (<i>Ctenopharyngodon idellus</i>) Javanese carp (<i>Puntius gonionotus</i>) Silver carp (<i>Hypophthalmichthys molitrix</i>) Gurami (<i>Osphronemus gourami</i>) Bandeng (<i>Chanos chanos</i>) Perch (<i>Perca</i> sp) Rabbit fish/beronang (<i>Siganus guttatus</i>) Tilapia (<i>Oreochromis</i> spp) Siamemese gurami (<i>Trichogaster pectoralis</i>) |
| Omnivora | Channel catfish/lele amerika (<i>Ictalurus punctatus</i>) Common carp/ikan mas (<i>Cyprinus carpio</i>) Grey mullet/ikan belanak (<i>Mugil cephalus</i>) |
| Karnivora | Black carp (<i>Mylopharyngodon piceus</i>) Catfish/ikan lele (<i>Clarias batrachus</i>) Grouper/ikan kerapu (<i>Epinephelus</i> spp) Atlantic salmon (<i>Salmo salar</i>) Pacific salmon (<i>Oncorhynchus</i> spp) Seabass/ikan kakap (<i>Lates calcarifer</i>) Brown trout (<i>Salmo trutta</i>) Rainbow trout (<i>Salmo gairdneri</i>) |

Persyaratan sosial ekonomis yang perlu diperhatikan dalam memilih bahan baku untuk pembuatan pakan buatan adalah :

- Mudah diperoleh
- Mudah diolah
- Harganya relatif murah
- Bukan merupakan makanan pokok manusia, sehingga tidak merupakan saingan.
- Sedapat mungkin memanfaatkan limbah industri pertanian

Jenis-jenis bahan baku yang digunakan dalam membuat pakan buatan dapat dikelompokkan menjadi tiga kelompok yaitu bahan baku hewani, bahan baku nabati dan bahan baku limbah industri pertanian.

Bahan baku hewani adalah bahan baku yang berasal dari hewan atau bagian-bagian tubuh hewan. Bahan baku hewan ini merupakan sumber protein yang relatif lebih mudah dicerna dan kandungan asam aminonya lebih lengkap dibandingkan dengan bahan baku nabati. Beberapa macam bahan baku hewani yang biasa digunakan dalam pembuatan pakan ikan antara lain adalah :

- Tepung ikan
- Silase ikan
- Tepung udang
- Tepung cumi-cumi
- Tepung cacing tanah
- Tepung benawa/kepiting
- Tepung darah
- Tepung tulang
- Tepung hati
- Tepung artemia

Bahan baku nabati adalah bahan baku yang berasal dari tumbuhan atau bagian dari tumbuh-tumbuhan. Bahan nabati pada umumnya merupakan sumber karbohidrat, namun banyak juga yang kaya akan protein dan vitamin. Beberapa macam bahan baku nabati yang biasa digunakan dalam pembuatan pakan ikan antara lain terdiri dari ;

- Tepung kedelai
- Tepung jagung
- Tepung terigu
- Tepung tapioka
- Tepung sagu
- Tepung daun lamtoro
- Tepung daun singkong
- Tepung kacang tanah
- Tepung beras

Bahan baku limbah industri pertanian adalah bahan baku yang berasal dari limbah pertanian baik hewani maupun nabati. Beberapa macam bahan limbah yang sering digunakan sebagai bahan baku pembuatan pakan ikan antara lain terdiri dari;

- Tepung kepala udang
- Tepung anak ayam
- Tepung darah
- Tepung tulang
- Ampas tahu
- Bungkil kelapa
- Dedak halus
- Isi perut hewan mamalia

Selain ketiga jenis bahan baku tersebut untuk melengkapi ramuan dalam pembuatan pakan buatan biasanya diberikan beberapa bahan tambahan. Jumlah bahan tambahan

(*feed additive*) yaitu bahan makanan atau suatu zat yang ditambahkan dalam komposisi pakan untuk meningkatkan kualitas dari pakan tersebut. Jumlah bahan tambahan yang digunakan biasanya relatif sedikit tetapi harus ada dalam meramu pakan buatan. Jenis-jenis bahan tambahan antara lain terdiri dari :

- Vitamin dan mineral, vitamin dan mineral dibutuhkan dalam jumlah sedikit karena tidak dapat dibuat sendiri oleh tubuh ikan maka dalam pembuatan pakan harus ditambahkan. Jumlah pemberian vitamin dan mineral dalam pakan buatan berkisar antara 2 – 5%. Vitamin dan mineral untuk membuat pakan ikan dapat dibuat sendiri yang disebut vitamin premix atau membelinya di toko. Vitamin dan mineral dijual di toko penggunaannya sebenarnya untuk ternak tetapi dapat juga digunakan untuk ikan. Merek dagang vitamin dan mineral tersebut antara lain adalah Aquamix, Rajamix, P fizer Premix A, P frizer Premix B, Top Mix, Rhodiamix 273.
- Antioksidan, antioksidan adalah zat antigenik yang dapat mencegah terjadinya oksidasi pada makanan dan bahan-bahan makanan. Penggunaan antioksidan dalam pembuatan pakan ikan bertujuan untuk mencegah penurunan nilai nutrisi makanan dan bahan-bahan makanan ikan serta mencegah terjadinya ketengikan lemak atau minyak, serta untuk mencegah kerusakan vitamin yang larut dalam lemak. Dalam memilih

jenis antioksidan yang akan digunakan harus diperhatikan beberapa syarat berikut yaitu ;

- Antioksidan harus efektif dalam mencegah proses oksidasi dari makanan ikan yang mengandung lemak dan unit yang larut dalam lemak.
 - Tidak bersifat racun bagi ikan
 - Harus efektif dalam konsentrasi rendah
 - Mempunyai nilai ekonomis
- Jenis antioksidan yang biasa digunakan dalam pembuatan pakan buatan adalah BHA (Butil Hidroksi Anisol) dan BHT (Butil Hidroksi Toluene). Jumlah yang aman digunakan sebaiknya adalah 200 ppm atau 0,02% dari kandungan lemak dalam pakan, sedangkan jenis antioksidan lainnya yaitu Etoksikuin dapat digunakan sebesar 150 mg/kg pakan. Selain itu vitamin C saat ini merupakan salah satu jenis vitamin yang dapat berfungsi sebagai antioksidan.
- Bahan pengikat (*Binder*), penambahan bahan pengikat di dalam ramuan pakan buatan berfungsi untuk menarik air, memberikan warna yang khas dan memperbaiki tekstur produk. Jenis bahan pengikat yang dapat digunakan antara lain adalah : agar-agar, gelatin, tepung kanji, tepung terigu, tepung maizena, *Carboxymethy Cellulose* (CMC), karageenan, asam alginat. Jumlah penggunaan bahan pengikat ini berkisar antara 5 – 10%.
 - Asam amino essensial sintetik, adalah asam-asam amino yang sangat dibutuhkan sekali oleh

ikan untuk pertumbuhannya dan tidak dapat diproduksi oleh ikan. Asam amino ini dapat diperoleh dari hasil perombakan protein, protein tersebut diperoleh dari sumber bahan baku hewani dan nabati. Tetapi ada sumber bahan baku yang kandungan asam aminonya tidak mencukupi. Oleh karena itu bisa ditambahkan asam amino buatan/sintetik kedalam makanan ikan. Jenis asam amino essensial tersebut adalah : arginine, Histidine, Isoleucine, Lysine, Methionine, Phenylalanine, Threonine, Tryptophan, Valine dan Leucine.

- Pigmen, adalah zat pewarna yang dapat diberikan dalam komposisi pakan buatan yang peruntukannya untuk pakan ikan hias, dimana pada ikan hias yang dinikmati adalah keindahan warna tubuhnya sehingga dengan menambahkan pigmen tertentu kedalam pakan buatan akan memunculkan warna tubuh ikan hias yang indah sesuai dengan keinginan pembudidaya. Jenis pigmen yang ada dapat diperoleh dari bahan-bahan alami atau sintetik seperti pigmen karoten , astaxantin dan sebagainya. Dosis pemberian pigmen dalam komposisi pakan biasanya berkisar antara 5 – 10%.
- Antibiotik, adalah zat atau suatu jenis obat yang biasa ditambahkan dalam komposisi pakan untuk menyembuhkan ikan yang terserang penyakit oleh bakteri. Dengan pemberian obat dalam pakan yang berarti pengobatan dilakukan secara oral mempermudah pembudidaya untuk menyembuhkan ikan

yang sakit. Dosis antibiotik yang digunakan sangat bergantung pada jenis penyakit dan ukuran ikan yang terserang penyakit.

- *Attractants* adalah suatu zat perangsang yang biasa ditambahkan dalam komposisi pakan udang/ikan laut. Seperti diketahui udang merupakan organisme yang hidupnya di dasar dan untuk menarik perhatiannya terhadap pakan buatan biasanya ditambahkan zat perangsang agar pakan buatan tersebut mempunyai bau yang sangat menyengat sehingga merangsang udang/ikan laut untuk makan pakan ikan tersebut. Beberapa jenis *attractant* yang biasa digunakan dari bahan alami atau sintesis antara lain adalah terasi udang, kerang darah, glysine 2%, asam glutamate, cacing tanah atau sukrosa.
- Hormon, adalah suatu bahan yang dikeluarkan oleh kelenjar endokrin dan ditransportasikan melalui pembuluh darah ke jaringan lain dimana beraksi mengatur fungsi dari jaringan target. Ada banyak jenis hormon yang terdapat pada makhluk hidup. Penggunaan hormon dalam pakan buatan yang telah dicoba pada beberapa ikan antara lain ikan bandeng, ikan kerapu adalah pembuatan pakan dalam bentuk pelet kolesterol, dimana pada pakan buatan tersebut ditambahkan hormon yang bertujuan untuk mempercepat tingkat kematangan gonad, hormon yang digunakan adalah

kombinasi antara 17 α -metiltestosteron dan a-LHRH.

Selain mengetahui jenis-jenis bahan baku yang akan digunakan untuk membuat pakan buatan harus mengetahui kandungan nutrisi dari bahan baku yang akan digunakan untuk membuat pakan buatan. Kandungan nutrisi bahan baku dapat diketahui dengan melakukan analisa

proximat terhadap bahan baku tersebut. Dari hasil analisa proximat akan diketahui kandungan zat gizi bahan baku yang meliputi : kadar air, kadar abu, kadar protein, kadar lemak, kadar serat kasar dan kadar bahan ekstra tanpa nitrogen (BETN). Adapun komposisi kandungan nutrisi bahan baku dapat dilihat pada tabel 6.2 , 6.3 dan 6.4.

Tabel 6.2. Kandungan Nutrisi Bahan Baku Nabati

| NO | JENIS BAHAN BAKU | PROTEIN % | KARBOHIDRAT % | LEMAK % |
|-----|----------------------|--------------|------------------|------------|
| 1. | Dedak padi | 11,35 | 28,62 | 12,15 |
| 2. | Dedak gandum | 11,99 | 64,78 | 1,48 |
| 3. | Cantel | 13,00 | 47,85 | 2,05 |
| 4. | Tepung terigu | 8,90 | 77,30 | 1,30 |
| 5. | Tepung kedelai | 39,6 | 29,50 | 14,30 |
| 6. | Tahu | 7,80 | 1,60 | 4,60 |
| 7. | Tepung sagu | 7,25 | 77,45 | 0,55 |
| 8. | Bungkil kelapa | 17,09 | 23,77 | 9,44 |
| 9. | Biji kapok randu | 27,40 | 18,60 | 5,60 |
| 10. | Biji kapas | 19,40 | - | 19,50 |
| 11. | Tepung daun turi | 27,54 | 21,30 | 4,73 |
| 12. | Tepung daun lamtoro | 36,82 | 16,08 | 5,40 |
| 13. | Tepung daun singkong | 34,21 | 14,69 | 4,60 |
| 14. | Tepung jagung | 7,63 | 74,23 | 4,43 |
| 15. | Kanji | 0,41 | 86,40 | 0,54 |

Tabel 6.3. Kandungan Nutrisi Bahan Baku Hewani

| NO | JENIS BAHAN BAKU | PROTEIN % | KARBOHIDRAT % | LEMAK % |
|-----|---------------------|--------------|------------------|------------|
| 1. | Tepung ikan import | 62,65 | 5,81 | 15,38 |
| 2. | Tepung rebon | 59,40 | 3,20 | 3,60 |
| 3. | Benawa/kepiting | 23,38 | 0,06 | 25,33 |
| 4. | Tepung ikan mujair | 55,6 | 7,36 | 11,2 |
| 5. | Ikan teri kering | 63,76 | 4,1 | 3,7 |
| 6. | Ikan petek kering | 60,0 | 2,08 | 15,12 |
| 7. | Tepung kepiting | 53,62 | 13,15 | 3,66 |
| 8. | Tepung cumi | 62,21 | - | - |
| 9. | Tepung ikan kembung | 40,63 | 1,26 | 5,25 |
| 10. | Rebon basah | 13,37 | 1,67 | 1,52 |
| 11. | Tepung bekicot | 54,29 | 30,45 | 4,18 |
| 12. | Tepung cacing tanah | 72,00 | - | - |
| 13. | Tepung artemia | 42,00 | - | - |
| 14. | Telur ayam/itik | 12,80 | 0,70 | 11,50 |
| 15. | Susu | 35,60 | 52,00 | 1,00 |

Tabel 6.4. Kandungan Nutrisi Bahan Baku Limbah Pertanian

| NO | JENIS BAHAN BAKU | PROTEIN % | KARBOHIDRAT % | LEMAK % |
|----|-------------------------|--------------|------------------|------------|
| 1. | Isi perut hewan mamalia | 8,39 | 5,54 | 53,51 |
| 2. | Tepung anak ayam | 61,65 | - | 27,3 |
| 3. | Bungkil kelapa sawit | 18,7 | 64 | 4,5 |
| 4. | Tepung kepala udang | 53,74 | 0 | 6,65 |
| 5. | Tepung anak ayam | 61,56 | - | 27,30 |

| | | | | |
|-----|------------------------------|-------|-------|-------|
| 6. | Tepung kepompong ulat sutera | 46,74 | - | 29,75 |
| 7. | Bungkil kacang tanah | 49,5 | 28,3 | 11,4 |
| 8. | Tepung darah | 71,45 | 13,32 | 0,42 |
| 9. | Silase ikan | 18,20 | - | 1,20 |
| 10. | Ampas tahu | 23,55 | 43,45 | 5,54 |
| 11. | Bekatul | 10,86 | 45,46 | 11,19 |
| 12. | Tepung menir | 8,64 | 88,03 | 1,92 |

Bagaimanakah anda melakukan penyiapan bahan baku yang akan digunakan untuk membuat pakan buatan? Apakah bahan baku itu? Untuk menjawab pertanyaan tersebut diskusikan dan pelajari materi dalam buku ini atau mencari referensi lain dari buku, internet, majalah dan sebagainya.

Bahan baku adalah bahan yang akan digunakan untuk membuat pakan buatan. Bahan baku yang akan digunakan dapat disesuaikan dengan jenis ikan yang akan mengkonsumsi pakan buatan tersebut. Jenis-jenis bahan baku yang dapat digunakan untuk membuat pakan buatan untuk induk, larva dan benih ikan dapat dikelompokkan menjadi bahan baku hewani, nabati dan bahan tambahan. Jenis bahan baku yang akan digunakan untuk pembuatan pakan ikan laut biasanya berasal dari

sumber hewani. Hal ini dikarenakan ikan-ikan laut merupakan organisme air yang bersifat karnivora yaitu organisme air yang makanan utamanya adalah berasal dari hewani dalam hal ini adalah ikan-ikan yang mempunyai ukuran tubuhnya lebih kecil dari yang mengkonsumsinya.

Berdasarkan kebiasaan makan pada setiap jenis ikan maka jenis-jenis bahan baku yang akan digunakan untuk ikan karnivora atau herbivora/omnivora akan sangat berbeda dalam pemilihannya. Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan oleh Tacon (1988) dalam Millamena *et al* (2000) telah direkomendasikan penggunaan beberapa bahan baku yang dapat digunakan berdasarkan kebiasaan makan ikan (Tabel 6.5)

Tabel 6.5. Rekomendasi penggunaan bahan baku untuk pakan ikan dan udang dalam % (Tacon, 1988)

| Jenis bahan baku | Ikan karnivora | Ikan herbivora/omnivora | Udang karnivora | Udang herbivora/omnivora |
|---------------------------|----------------|-------------------------|-----------------|--------------------------|
| Tepung Alfalfal | 5 | 10 | 5 | 10 |
| Tepung darah | 10 | 10 | 10 | 10 |
| Cassava/tepung tapioka | 15 | 35 | 15 | 25 |
| Tepung kelapa | 15 | 25 | 15 | 25 |
| Tepung biji jagung | 20 | 35 | 15 | - |
| Tepung maizena | 15 | 20 | 15 | 20 |
| Tepung biji kapas | 15 | 20 | 10 | 15 |
| Penyulingan jagung | 10 | 15 | 10 | 15 |
| Dicalcium phosphate | 3 | 3 | 3 | 3 |
| Tepung bulu ayam | 10 | 10 | 10 | 10 |
| Tepung ikan | Bebas | Bebas | 20 | 35 |
| Konsentrat protein ikan | 15 | 10 | 15 | 15 |
| Tepung giling | 15 | 25 | 15 | 25 |
| Tepung hati | 50 | 50 | 25 | 20 |
| Tepung daging dan tulang | 20 | 25 | 15 | 20 |
| Tepung limbah peternakan | 15 | 20 | 15 | 20 |
| Tepung minyak lobak | 20 | 25 | 15 | 20 |
| Tepung kulit padi | 15 | 35 | 15 | 35 |
| Tepung udang | 25 | 25 | Bebas | Bebas |
| Tepung cumi | Bebas | Bebas | Bebas | Bebas |
| Tepung gandum | 20 | 35 | 15 | 35 |
| Tepung kedelai | 25 | 35 | 20 | 30 |
| Tepung kedele penuh lemak | 35 | 40 | 20 | 30 |
| Tepung terigu | 20 | 35 | 20 | 35 |
| Biji gandum | 15 | 30 | 15 | 30 |
| Tepung kanji | 15 | 15 | 20 | 20 |
| Air dadih | 10 | 10 | 10 | 10 |
| Yeast kering | 15 | 15 | 15 | 15 |

Ikan karnivora di alam akan memakan ikan yang lebih kecil ukurannya, didalam suatu usaha budidaya biasanya diberikan ikan-ikan rucah. Kontinuitas ikan rucah di alam sangat bergantung kepada ketersediaan alam. Oleh karena itu pembuatan pakan buatan diharapkan

mampu menggantikan kebutuhan ikan laut akan pakan. Pakan buatan untuk ikan laut bahan baku yang biasa digunakan antara lain dapat dilihat pada Tabel 6.6. Kandungan nutrisi bahan baku yang biasa digunakan untuk membuat pakan buatan dapat dilihat pada Tabel 6.6 .

Tabel 6.6. Jenis dan Kandungan nutrisi bahan baku ikan karnivora

| Jenis bahan | Kadar protein | Kadar lemak | Kadar karbohidrat | Kadar serat kasar | Kadar air | Kadar abu |
|---------------------|---------------|-------------|-------------------|-------------------|-----------|-----------|
| Tepung mujair | 55,60 | 11,20 | 7,36 | - | 6,34 | 19,50 |
| Tepung petek | 66,00 | 15,12 | 2,08 | - | 9,60 | 13,20 |
| Tepung teri | 63,76 | 3,70 | 4,10 | - | 10,28 | 18,28 |
| Tepung tongkol | 55,72 | 4,11 | 6,62 | - | 4,95 | 28,60 |
| Tepung kembung | 40,36 | 5,25 | 1,26 | - | 20,90 | 31,96 |
| Tepung cumi | 74,80 | 8,80 | - | 0 | - | 3,40 |
| Tepung kepala udang | 43,95 | 5,11 | 0,26 | 17,45 | 6,53 | 26,70 |
| Tepung kerang | 66,56 | - | - | - | - | - |
| Tepung darah | 93,00 | 1,40 | - | 1,10 | - | 7,10 |
| Tepung kedelai | 37,42 | 6,26 | 47,51 | - | 8,48 | 4,98 |
| Tepung kanji | 0,41 | 0,54 | 73,24 | 13,16 | 12,80 | 1,55 |
| Tepung beras | 14,10 | 15,10 | - | 12,80 | - | 12,80 |
| Tepung sagu | 7,25 | 0,55 | 66,21 | 11,24 | 8,49 | 1,53 |
| Tepung ketan | 8,21 | 2,13 | 83,12 | 2,26 | 1,32 | 2,96 |
| Tepung dedak | 10,86 | 11,19 | 34,73 | 13,16 | 12,60 | 1,55 |
| Tepung jagung | 7,63 | 4,43 | 72,71 | 1,52 | 11,02 | 2,70 |

Selain itu untuk menambah pengetahuan tentang jenis-jenis bahan baku yang dapat digunakan untuk membuat pakan ikan, berdasarkan hasil analisa proksimat kandungan bahan baku pakan yang telah dilakukan pada laboratorium *Southeast Asian Fisheries Development Center, Aquaculture Departement*. Philipina dapat dilihat pada Tabel 6.7.

Tabel 6.7. Hasil analisa proksimat bahan baku (Mllamena *et al*, 2000).

| Jenis bahan baku | Kadar air | Kadar protein | Kadar lemak | Kadar serat kasar | Bahan Ekstra Tanpa Nitrogen | Abu |
|------------------------|-----------|---------------|-------------|-------------------|-----------------------------|------|
| Sumber Hewani | | | | | | |
| Tepung ikan lokal | 10,3 | 64,1 | 6,5 | 0,8 | 8,5 | 20,1 |
| Tepung ikan chili | 8,4 | 70,1 | 8,5 | 0,5 | 4,1 | 16,8 |
| Tepung ikan danish | 9,5 | 73,9 | 9,4 | 0,3 | 2,4 | 14,0 |
| Tepung ikan Peru 1 | 8,3 | 68,3 | 5,9 | 0,8 | 7,7 | 17,3 |
| Tepung ikan Peru 2 | 7,1 | 67,9 | 10,0 | 1,3 | 4,1 | 16,7 |
| Tepung ikan tuna | 9,4 | 65,4 | 8,0 | 0,8 | 8,8 | 17,0 |
| Tepung ikan putih | 7,2 | 69,0 | 7,6 | 0,6 | 4,8 | 18,0 |
| Tepung kepala udang | 6,5 | 51,2 | 5,2 | 13,3 | 5,3 | 25,0 |
| Tepung udang | 8,2 | 68,6 | 3,9 | 3,6 | 7,6 | 16,3 |
| Tepung cumi | 6,9 | 78,5 | 5,5 | 1,3 | 6,7 | 8,0 |
| Tepung kepiting | 5,5 | 74,1 | 7,1 | 0,9 | 8,1 | 9,8 |
| Tepung kodok | 7,6 | 62,5 | 1,7 | 1,2 | 4,7 | 29,9 |
| Tepung darah | 6,3 | 87,7 | 3,0 | 0,4 | 3,3 | 5,6 |
| Tepung daging & tulang | 5,6 | 46,8 | 9,6 | 2,0 | 7,5 | 34,1 |
| Nabati | | | | | | |
| Tepung daun akasia | 4,4 | 25,7 | 5,6 | 21,2 | 41,7 | 5,8 |
| Tepung daun alfalfal | 7,2 | 17,2 | 3,0 | 27,7 | 42,9 | 9,2 |
| Tepung daun camote | 4,5 | 29,7 | 4,9 | 10,0 | 43,2 | 12,2 |
| Tepung daun cassava | 5,9 | 22,1 | 9,3 | 12,4 | 49,2 | 7,0 |
| Tepung daun ipil | 7,8 | 25,1 | 6,8 | 10,6 | 44,0 | 13,5 |
| Tepung daun kangkung | 5,7 | 28,5 | 5,4 | 10,5 | 43,6 | 12,0 |
| Tepung malunggay | 3,5 | 30,4 | 8,4 | 8,3 | 43,7 | 9,2 |
| Tepung daun pepaya | 5,4 | 20,7 | 11,6 | 11,2 | 42,6 | 13,9 |
| Tepung copra | 7,9 | 22,0 | 6,7 | 17,3 | 44,3 | 9,7 |
| Cowpea | 8,0 | 23,0 | 1,3 | 4,1 | 67,5 | 4,1 |
| Mugbean hijau | 7,1 | 23,2 | 1,2 | 3,1 | 68,7 | 3,8 |
| Mugbean kuning | 7,7 | 24,1 | 1,1 | 3,8 | 67,1 | 3,9 |
| Butiran beras | 5,0 | 26,5 | 0,8 | 4,0 | 64,6 | 4,1 |
| Tepung jagung | 8,4 | 7,8 | 4,7 | 2,6 | 83,1 | 1,8 |
| Tepung tapioka | 11,9 | 0,4 | 0,2 | 1,1 | 98,2 | 0,1 |
| Tepung roti | 12,1 | 12,9 | 1,2 | 0,3 | 84,9 | 0,7 |
| Tepung terigu | 11,3 | 15,3 | 1,7 | 0,8 | 81,1 | 1,1 |
| Tepung pollard | 9,5 | 15,4 | 4,5 | 10,3 | 64,0 | 5,8 |
| Tepung biji gandum | 6,0 | 27,8 | 4,3 | 3,4 | 59,6 | 4,9 |
| Tepung maizena | 7,3 | 62,6 | 7,7 | 2,2 | 25,9 | 1,6 |
| Tepung beras | 9,2 | 13,3 | 14,1 | 8,5 | 53,4 | 10,7 |
| Dedak | 7,0 | 3,3 | 2,0 | 32,4 | 41,6 | 20,7 |
| Tepung jagung | 5,6 | 35,8 | 19,8 | 4,9 | 33,9 | 5,6 |

| Jenis bahan baku | Kadar air | Kadar protein | Kadar lemak | Kadar serat kasar | Bahan Ekstra Tanpa Nitrogen | Abu |
|------------------------------|-----------|---------------|-------------|-------------------|-----------------------------|------|
| Sumber lainnya | | | | | | |
| Casein | 7,2 | 89,7 | 0,1 | 0,3 | 8,9 | 1,0 |
| Tepung keping | 4,2 | 37,9 | 4,1 | 10,7 | 8,9 | 38,4 |
| Gelatin | 7,9 | 94,4 | 0,0 | 0,1 | 5,1 | 0,4 |
| Tepung kerang hijau | 5,9 | 64,6 | 8,6 | 3,0 | 12,5 | 11,8 |
| Tepung Oyster | 4,4 | 54,6 | 9,4 | 4,0 | 20,1 | 11,9 |
| Tepung scallops | 7,3 | 65,2 | 10,9 | 1,4 | 8,8 | 13,7 |
| Tepung snail | 4,0 | 52,1 | 1,8 | 2,1 | 15,7 | 28,3 |
| Ragi Brewer | 7,2 | 49,4 | 1,6 | 2,4 | 34,5 | 12,1 |
| Ragi Candida | 8,3 | 55,2 | 0,8 | 1,7 | 35,1 | 7,4 |
| Pakan alami | | | | | | |
| <i>Acartia sp</i> | 7,8 | 71,2 | 8,3 | 5,4 | 9,9 | 5,2 |
| <i>Artemia</i> | 8,0 | 55,5 | 6,8 | 11,3 | 15,0 | 11,4 |
| <i>Azolla</i> | 8,0 | 27,2 | 3,4 | 12,9 | 36,5 | 20,0 |
| <i>Brachionus sp</i> | 8,1 | 51,9 | 10,4 | 3,5 | 15,3 | 18,9 |
| <i>Chaetoceros calcitran</i> | 7,6 | 24,4 | 7,1 | 2,5 | 26,7 | 39,3 |
| <i>Chlorella air laut</i> | 10,1 | 35,1 | 4,2 | 5,6 | 27,7 | 27,4 |
| <i>Isochrysis galbana</i> | 10,4 | 33,6 | 18,1 | 4,4 | 23,0 | 20,9 |
| <i>Moina macrocopa</i> | 8,5 | 57,8 | 7,6 | 8,4 | 17,2 | 9,0 |
| <i>Sargassum</i> | 10,4 | 9,0 | 0,8 | 9,6 | 46,4 | 34,2 |
| <i>Skeletonema</i> | 10,4 | 24,7 | 2,6 | 0,7 | 20,2 | 51,8 |
| <i>Spirulina</i> | 8,0 | 56,7 | 2,8 | 0,6 | 28,1 | 11,8 |
| <i>Tetraselmis sp</i> | 5,5 | 49,1 | 10,7 | 2,1 | 19,0 | 19,1 |
| <i>Digman</i> | 9,8 | 20,6 | 3,3 | 16,4 | 35,9 | 23,8 |
| <i>Enteromorpha</i> | 15,2 | 13,8 | 1,9 | 9,3 | 36,9 | 38,1 |
| <i>Gracilaria sp</i> | 7,0 | 10,2 | 0,4 | 5,8 | 44,8 | 38,8 |
| <i>Kappaphycus sp</i> | 6,1 | 5,4 | 0,8 | 6,1 | 57,3 | 30,4 |

Hasil analisa proksimat dari setiap bahan baku yang akan digunakan untuk membuat pakan ikan dapat digunakan sebagai acuan dalam melakukan perhitungan formulasi pakan. Pada tabel sebelumnya telah diuraikan tentang kadar karbohidrat dari setiap bahan baku pakan untuk memudahkan dalam menghitung jumlah energi dalam setiap formulasi.

Seperti diketahui bahwa dari hasil analisa proksimat karbohidrat dibagi menjadi serat kasar dan bahan ekstrak tanpa nitrogen. Sedangkan untuk menghitung energi yang digunakan adalah kadar karbohidrat, tetapi untuk mengetahui daya cerna setiap bahan baku yang dapat digunakan untuk membuat pakan ikan adalah kadar serat kasar. Oleh

karena itu pemahaman tentang bahan baku tersebut sangat penting.

6.2. PENYUSUNAN FORMULASI PAKAN

Jenis bahan baku yang harus disiapkan sangat bergantung kepada jenis ikan yang akan mengkonsumsi pakan tersebut dan stadia pemberian pakannya. Selain itu untuk mengetahui jenis-jenis bahan baku yang akan dipilih harus dilakukan perhitungan. Perhitungan jumlah bahan baku yang akan digunakan untuk membuat pakan ikan tersebut dinamakan menyusun formulasi pakan. Setelah mengetahui tentang jenis-jenis bahan baku yang akan digunakan untuk membuat pakan, kandungan zat gizi dari bahan-bahan baku tersebut dan cara menyusun formulasi/ramuan pakan buatan barulah kita dapat membuat pakan buatan. Pada bagian sebelumnya telah dibahas tentang jenis bahan baku dan kandungan gizinya selanjutnya adalah menyusun formulasi.

Pengetahuan yang harus dipahami dalam menyusun formulasi pakan ikan adalah kebutuhan ikan akan beberapa kandungan zat gizi antara lain adalah :

1. Protein, kebutuhannya berkisar antara 20 – 60%. Untuk ikan-ikan laut biasanya kebutuhan protein cukup tinggi karena merupakan kelompok ikan karnivora yaitu berkisar antara 30 – 60%. Sumber protein dapat diperoleh dari hewani atau nabati tetapi

untuk ikan laut lebih menyukai sumber protein diambil dari hewani.

2. Lemak, kebutuhannya berkisar antara 4-18%. Sumber lemak/lipid biasanya adalah :
 - Hewani : lemak sapi, ayam, kelinci, minyak ikan
 - Nabati : jagung, biji kapas, kelapa, kelapa sawit, kacang tanah, kacang kedelai
3. Karbohidrat, terdiri dari serat kasar dan Bahan Ekstrak Tanpa Nitrogen (BETN), kebutuhannya berkisar antara 20 – 30%. Sumber karbohidrat biasanya dari nabati seperti jagung, beras, dedak, tepung terigu, tapioka, sagu dan lain-lain. Kandungan serat kasar kurang dari 8% akan menambah struktur pellet, jika lebih dari 8% akan mengurangi kualitas pellet ikan.
4. Vitamin dan mineral, kebutuhannya berkisar antara 2–5%
5. Jumlah keseluruhan bahan baku dalam menyusun formulasi pakan ikan ini harus 100%.

Ada beberapa metode yang digunakan dalam menyusun formulasi pakan antara lain adalah :

1. Metode Pearsons Square (Metode segi empat Pearsons)
2. Metode Aljabar
3. Metode Linier (Program linier)
4. Metode coba-coba (Trial and Error)
5. Metode Work Sheet

6.2.1. Metode segi empat Pearsons

Metoda segiempat kuadrat adalah suatu metode yang pertama kali

dibuat oleh ahli pakan ternak dalam menyusun pakan ternak yang bernama Pearsons.. Metode ini ternyata dapat diadaptasi oleh para ahli pakan ikan dan digunakan untuk menyusun formulasi pakan ikan. Dalam menyusun formulasi pakan ikan dengan metode ini didasari pada pembagian kadar protein bahan-bahan pakan ikan. Berdasarkan tingkat kandungan protein, bahan-bahan pakan ikan ini terbagi atas dua bagian yaitu :

- Protein Basal, yaitu bahan baku pakan ikan, baik yang berasal dari nabati, hewani dan limbah yang mempunyai kandungan protein kurang dari 20%.
- Protein Suplemen, yaitu bahan baku pakan ikan, baik yang berasal dari nabati, hewani dan limbah yang mempunyai kandungan protein lebih dari 20%.

Dalam metode segi empat ini langkah pertama adalah melakukan pemilihan bahan baku yang akan digunakan untuk membuat pakan ikan. Disarankan untuk memilih bahan baku pembuatan pakan ikan ini tidak hanya dari satu sumber bahan saja tetapi menggunakan beberapa bahan baku dari sumber nabati, hewani atau limbah hasil pertanian. Misalnya kita akan membuat pakan ikan dengan kadar protein 35% dengan menggunakan bahan baku terdiri dari tepung ikan, dedak halus, tepung jagung, tepung terigu dan tepung kedelai. Maka dengan menggunakan metode segiempat ini, tahapan yang harus dilakukan antara lain adalah :

- Mengelompokkan bahan baku yang telah dipilih berdasarkan

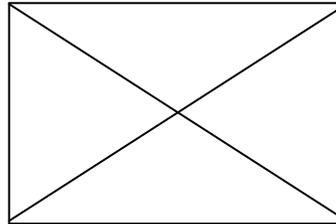
kadar protein dari setiap bahan baku tersebut yaitu ;

- Bahan baku kelompok protein Basal : Dedak halus 15,58%, Tepung Jagung 9,50%, Tepung terigu 12,27%
- Bahan baku kelompok protein Suplemen: Tepung ikan 62,99%, Tepung kedelai 43,36%
- Melakukan perhitungan rata-rata kandungan bahan baku dari protein basal dan protein suplemen dengan cara melakukan penjumlahan semua bahan baku yang berasal dari protein basal dan membagi dengan berapa macam jumlah bahan baku protein basal. Begitu juga dengan bahan baku suplemen dilakukan penjumlahan kadar protein suplemen kemudian dibagi dengan berapa macam jumlah bahan baku protein suplemen. Dari contoh kasus diatas maka jumlah kadar protein basal dari ketiga bahan baku tersebut adalah $15,58\% + 9,50\% + 12,27\% = 37,35\%$, kemudian nilai rata-rata bahan baku protein basal adalah $37,35\% : 3 = 12,45\%$. Sedangkan jumlah kadar protein suplemen dari dua bahan baku tersebut adalah $62,99\% + 43,36\% = 109,35\%$, kemudian rata-rata bahan baku protein suplemen adalah $109,35\% : 2 = 54,68\%$.
- Setelah bahan baku dikelompokkan menjadi dua bagian yaitu protein basal dan protein suplemen maka langkah selanjutnya adalah membuat kotak segi empat. Pada bagian tengah kotak segi empat diletakkan nilai kandungan

protein pakan yang akan dibuat. Pada bagian atas kiri segiempat diletakkan nilai rata-rata kandungan protein basal dan

pada bagian bawah kiri segiempat diletakkan nilai rata-rata kandungan protein suplemen, lihat pada gambar dibawah ini ;

Protein basal 12,45%



.....%

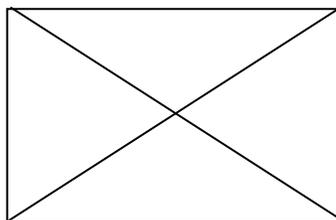
Protein suplemen 54,68%

.....%

- Lakukan perhitungan untuk mengisi kekosongan nilai pada sisi sebelah kanan segiempat dengan cara diagonal untuk setiap kandungan protein basal dan kandungan protein suplemen tersebut. Pada bagian tengah segiempat tersebut diletakkan kadar protein pakan ikan yang akan dibuat yaitu 35%. Untuk mengisi nilai disebelah kanan segiempat bagian atas adalah nilai protein bahan baku yang berasal dari protein suplemen maka nilai tersebut adalah melakukan pengurangan nilai

protein suplemen dengan kadar protein pakan yaitu $54,68\% - 35\% = 19,68\%$. Sedangkan untuk mengisi nilai pada segiempat sisi kanan pada bagian bawah adalah nilai protein bahan baku yang berasal dari protein basal bahan baku dilakukan pengurangan antara kadar protein pakan dengan kadar protein bahan baku basal yaitu $35\% - 12,45\% = 22,55\%$, maka dapat dilihat pada gambar segiempat dibawah ini adalah sebagai berikut ;

Protein basal 12,45%



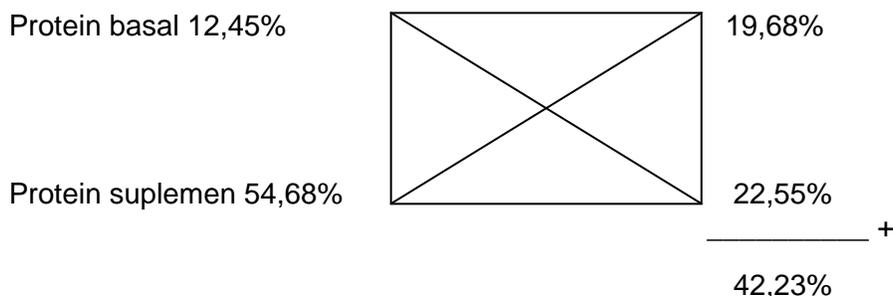
19,68%

Protein suplemen 54,68%

22,55%

- Setelah diperoleh nilai pada keempat sudut segiempat tersebut, langkah selanjutnya adalah melakukan penjumlahan

nilai pada bagian sisi sebelah kanan, maka dapat dilihat pada gambar segiempat di bawah ini :



- Langkah selanjutnya adalah melakukan perhitungan komposisi setiap bahan baku yang telah disusun dengan cara sebagai berikut :

$$\text{Protein Basal} = \frac{19,68\%}{42,23\%} \times 100\% = 46,60\%$$

$$\text{Protein Suplemen} = \frac{22,55\%}{42,23\%} \times 100\% = 53,40\%$$

- Dari hasil perhitungan pada langkah sebelumnya maka dapat dihitung komposisi bahan baku yang akan digunakan untuk

membuat pakan ikan adalah sebagai berikut :

- Komposisi bahan baku yang berasal protein suplemen adalah :

$$\text{Tepung ikan} = 53,40\% : 2 = 26,7\%$$

$$\text{Tepung kedelai} = 53,40\% : 2 = 26,7\%$$

- Komposisi bahan baku yang berasal dari protein basal adalah :

$$\text{Dedak halus} = 46,60\% : 3 = 15,53\%$$

$$\text{Tepung Jagung} = 46,60\% : 3 = 15,53\%$$

$$\text{Tepung terigu} = 46,60\% : 3 = 15,53\%$$

Untuk membuktikan bahwa komposisi bahan baku yang dipergunakan untuk membuat pakan ikan mengandung kadar protein 35% yang berarti dalam satu kilogram pakan mengandung 350 gram protein dapat dilakukan perhitungan sebagai berikut :

| | | | | | |
|----------------|--------|---|--------|------------|--------|
| Tepung ikan | 26,7% | X | 62,99% | = | 16,82% |
| Tepung kedelai | 26,7% | X | 46,36% | = | 12,38% |
| Dedak halus | 15,53% | X | 15,58% | = | 2,42% |
| Tepung jagung | 15,53% | X | 9,50% | = | 1,48% |
| Tepung terigu | 15,53% | X | 12,27% | = | 1,91% |
| | | | | + ----- | |

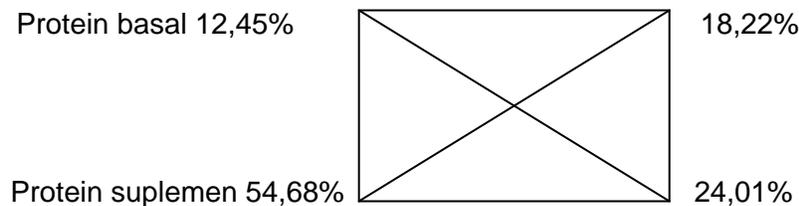
35,01%

Jika akan membuat pakan ikan sebanyak 100 kg maka komposisi bahan baku yang harus disiapkan adalah sebagai berikut :

| | | | |
|----------------|--------|----------|------------|
| Tepung ikan | 26,70% | X 100 kg | = 26,70 kg |
| Tepung kedelai | 26,70% | X 100 kg | = 26,70 kg |
| Dedak halus | 15,53% | X 100 kg | = 15,53 kg |
| Tepung jagung | 15,53% | X 100 kg | = 15,53 kg |
| Tepung terigu | 15,53% | X 100 kg | = 15,53 kg |
| | | | ----- + |
| | | | 99,99 kg |

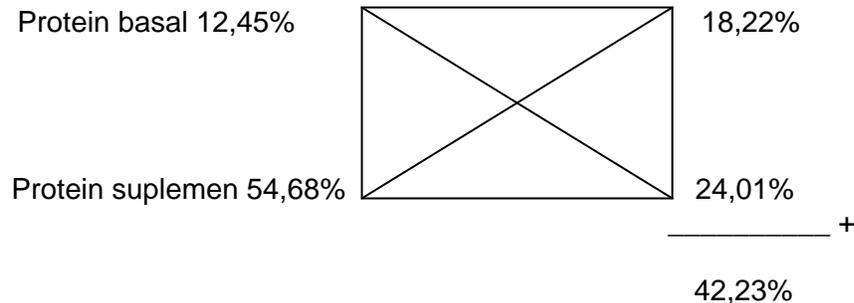
Jika dalam komposisi bahan baku pembuatan pakan ikan akan ditambahkan bahan tambahan maka jumlah bahan baku utama harus dikurangi dengan jumlah bahan tambahan yang akan digunakan. Misalnya dalam komposisi bahan pakan tersebut akan ditambahkan vitamin sebanyak 2% dan mineral 2% maka jumlah bahan utama akan berkurang menjadi $100\% - 4\% (2\% + 2\%) = 96\%$. Maka jumlah kadar protein dari bahan utama tersebut ditambahkan agar komposisi bahan baku dari pakan ikan tersebut memenuhi kebutuhan kadar protein pakan yang akan dibuat menjadi $(35\%) \times 100\% / 96\% = 36,46\%$. Hal ini dilakukan karena vitamin dan mineral tidak mempunyai kandungan protein. Maka komposisi bahan baku menjadi sebagai berikut ;

Pada bagian tengah segiempat tersebut diletakkan kadar protein tersebut pakan ikan yang telah ditambahkan menjadi 36,46%. Untuk mengisi nilai di sebelah kanan segiempat bagian atas adalah nilai protein bahan baku yang berasal dari protein suplemen maka nilai tersebut adalah melakukan pengurangan nilai protein suplemen dengan kadar protein pakan yaitu $54,68\% - 36,46\% = 18,22\%$. Sedangkan untuk mengisi nilai pada segiempat sisi kanan pada bagian bawah adalah nilai protein bahan baku yang berasal dari protein basal bahan baku dilakukan pengurangan antara kadar protein pakan dengan kadar protein bahan baku basal yaitu $36,46\% - 12,45\% = 24,01\%$, maka dapat dilihat pada gambar segiempat di bawah ini adalah sebagai berikut



Setelah diperoleh nilai pada keempat sudut segiempat tersebut, langkah selanjutnya adalah melakukan penjumlahan nilai pada bagian sisi

sebelah kanan, maka dapat dilihat pada gambar segiempat di bawah ini:



Langkah selanjutnya adalah melakukan perhitungan komposisi setiap bahan baku yang telah disusun dengan cara sebagai berikut :

$$\text{Protein Basal} = \frac{18,22\%}{42,23\%} \times 96\% = 41,42\%$$

$$\text{Protein Suplemen} = \frac{24,01\%}{42,23\%} \times 96\% = 54,58\%$$

Dari hasil perhitungan pada langkah sebelumnya maka dapat dihitung komposisi bahan baku yang akan digunakan untuk membuat pakan ikan adalah sebagai berikut :

- Komposisi bahan baku yang berasal protein suplemen adalah:

$$\begin{aligned} \text{Tepung ikan} &= 54,58\% : 2 \\ &= 27,29\% \\ \text{Tepung kedelai} &= 54,58\% : 2 \\ &= 27,29\% \end{aligned}$$

- Komposisi bahan baku yang berasal dari protein basal adalah:

$$\begin{aligned} \text{Dedak halus} &= 41,42\% : 3 \\ &= 13,81\% \\ \text{Tepung jagung} &= 41,42\% : 3 \\ &= 13,81\% \\ \text{Tepung terigu} &= 41,42\% : 3 \\ &= 13,81\% \end{aligned}$$

Untuk membuktikan bahwa komposisi bahan baku yang dipergunakan untuk membuat pakan ikan mengandung kadar protein 35% yang berarti dalam satu kilogram pakan mengandung 350 gram protein dapat dilakukan perhitungan sebagai berikut :

| | | | |
|----------------|--------|----------|----------------------|
| Tepung ikan | 27,29% | X 62,99% | = 17,19% |
| Tepung kedelai | 27,29% | X 46,36% | = 12,6516% |
| Dedak halus | 13,81% | X 15,58% | = 2,1516% |
| Tepung jagung | 13,81% | X 9,50% | = 1,1320% |
| Tepung terigu | 13,81% | X 12,27% | = 1,6945% |
| | | ----- + | |
| | | | 34,82% mendekati 35% |

Maka komposisi bahan baku pakan ikan menjadi :

| | |
|----------------|--------|
| Tepung ikan | 27,29% |
| Tepung kedelai | 27,29% |
| Dedak halus | 13,81% |
| Tepung jagung | 13,81% |
| Tepung terigu | 13,81% |
| Vitamin | 2 % |
| Mineral | 2 % |
| | -----+ |
| | 100% |

6.2.2. Metode aljabar

Metode aljabar merupakan suatu metode penyusunan formulasi yang didasari pada perhitungan matematika yang bahan bakunya dikelompokkan menjadi X dan Y. X merupakan jumlah berat bahan baku dari kelompok sumber protein utama (protein suplement) dan Y merupakan jumlah berat kelompok sumber protein basal. Perhitungannya menggunakan rumus aljabar sehingga didapat formulasi pakan ikan sesuai dengan kebutuhan.

Pada persamaan aljabar dalam matematika ada dua metode yang

digunakan dalam mencari nilai pada komponen X dan Y yaitu metode substitusi dan metode eliminasi. Metode substitusi adalah suatu metode mencari nilai x dan y dengan cara mengganti dengan beberapa persamaan sedangkan metode eliminasi adalah suatu metode mencari nilai x dan y dengan cara menghilangkan salah satu komponen dalam persamaan tersebut.

Contoh kasus menghitung formulasi pakan dengan menggunakan metode aljabar, jika akan dibuat pakan ikan dengan kadar protein 35% dari berbagai bahan baku antara lain adalah tepung ikan (kadar protein 62,65%), tepung kedelai (kadar

protein 39,6%), ampas tahu (kadar protein 25,55%), tepung bekicot (kadar protein 54,29%), dedak halus (kadar protein 15,58%) dan tepung jagung (kadar protein 9,50%). Maka tahapan yang harus dilakukan adalah sebagai berikut :

- Melakukan pengelompokkan bahan baku berdasarkan kadar proteinnya yang dibagi menjadi 2 kelompok, yaitu bahan baku protein suplemen dan bahan baku protein basal. Dalam metode aljabar dapat dibuat suatu formulasi pakan ikan yang sangat sesuai dengan kebutuhan ikan yang akan mengkonsumsi pakan ikan tersebut. Pada metode segiempat semua bahan baku dari kelompok protein basal dan kelompok protein suplemen dibuat sama, padahal seperti kita ketahui ada kebutuhan bahan baku yang berbeda untuk setiap jenis ikan. Seperti dalam rekombinasi penggunaan bahan baku bahwa penggunaan bahan mempunyai batas optimum yang dapat digunakan untuk menyusun formulasi pakan. Oleh karena itu dalam menggunakan

metode aljabar rekomendasi penggunaan bahan baku dapat diterapkan sesuai dengan jenis ikan yang akan disusun formulasinya. Misalnya dalam formulasi pakan ini ingin dibuat kandungan bahan baku yang berasal dari tepung ikan dan tepung bekicot sebagai sumber bahan baku hewani adalah 2 kali lebih banyak dari komposisi bahan baku lainnya. Maka komposisi kelompok sumber bahan protein suplemen adalah sebagai berikut:

- Tepung ikan kadar protein 62,65% adalah 2 bagian
- Tepung kedelai kadar protein 39,6% adalah 1 bagian
- Ampas tahu kadar protein 25,55% adalah 1 bagian
- Tepung bekicot kadar protein 54,29% adalah 2 bagian

Maka dari komposisi kelompok bahan baku protein suplemen tersebut menjadi 6 bagian (2+1+1+2 bagian) maka rata-rata kadar protein dari kelompok ini menjadi :

| | |
|------------------------------|----------------------|
| Tepung ikan kadar protein | 62,65% X 2 = 125,30% |
| Tepung kedelai kadar protein | 39,60% X 1 = 39,60% |
| Ampas tahu kadar protein | 25,55% X 1 = 25,55% |
| Tepung bekicot kadar protein | 54,29% X 2 = 108,58% |
| | ----- + |
| | 299,03% |

Rata-rata kadar protein dari kelompok sumber protein suplement adalah 299,03% dibagi 6 = 49,84% = 0,4984

Sedangkan untuk bahan baku sebagai kelompok protein basal

adalah dedak halus dapat digunakan 2 kali lebih banyak dibandingkan dengan tepung jagung karena aselain harganya murah juga penggunaannya masih dapat lebih besar dari tepung jagung maka komposisi

kelompok sumber bahan protein basal adalah sebagai berikut :
 Dedak halus kadar protein 15,58% adalah 2 bagian
 Tepung jagung kadar protein 9,50% adalah 1 bagian

Maka dari komposisi kelompok bahan baku protein basal tersebut menjadi 3 bagian (2+1 bagian) maka rata-rata kadar protein dari kelompok ini menjadi :

$$\begin{array}{r} \text{Dedak } 15,58\% \times 2 = 31,16\% \\ \text{T. Jagung } 9,50\% \times 1 = 9,50\% \\ \text{-----} + \\ 40,66\% \end{array}$$

Rata-rata kadar protein dari kelompok sumber basal adalah 40,66% dibagi 3 = 13,55% = 0,1355

- Langkah selanjutnya menetapkan komponen X dan Y

X adalah kelompok sumber protein suplemen
 Y adalah kelompok sumber protein basal

Berdasarkan persamaan aljabar akan diperoleh dua persamaan yaitu :

Persamaan 1 adalah $X + Y = 100$, seperti diketahui bahwa jumlah bahan baku yang akan digunakan untuk menyusun formulasi pakan adalah 100 %.

Persamaan 2 adalah $0,4948X + 0,1355Y = 35$, nilai 0,4948 adalah rata-rata kadar protein dari kelompok protein suplemen, nilai

0,1355 adalah rata-rata kadar protein kelompok protein basal, sedangkan nilai 35 adalah kadar protein pakan yang akan dibuat.

- Setelah mendapatkan dua buah persamaan maka langkah selanjutnya adalah melakukan perhitungan secara matematika dengan menggunakan metode aljabar untuk mencari nilai x dan y. Nilai x dan y ini dapat diperoleh dengan cara substitusi atau eliminasi.

Secara eliminasi :

$$\begin{array}{l} X + Y = 100 \text{ (persamaan 1)} \\ 0,4948X + 0,1355 Y = 100 \text{ (persamaan 2)} \end{array}$$

Persamaan 1 dikalikan dengan nilai 0,4984 maka diperoleh persamaan 3 yaitu : $0,4984 X + 0,4984Y = 49,84$

Persamaan 3 dikurangi dengan persamaan 2 maka hasilnya :

$$\begin{array}{r} 0,4984 X + 0,4984 Y = 49,84 \\ 0,4984 X + 0,1355 Y = 35,00 \\ \hline 0,3629 Y = 14,84 \end{array}$$

$$Y = \frac{14,84}{0,3629}$$

$$= 40,89$$

Setelah diperoleh nilai Y maka untuk mencari nilai X dengan cara memasukkan persamaan 1 sehingga diperoleh nilai X yaitu:

$$\begin{array}{l} X + Y = 100 \\ X = 100 - Y \\ X = 100 - 40,89 \\ X = 59,11 \end{array}$$

Secara substitusi :
 $X + Y = 100$ (persamaan 1)
 $0,4948 X + 0,1355 Y = 35$
 (persamaan 2)

Dari persamaan 1 dapat diperoleh persamaan $X=100-Y$, maka jika nilai X dari persamaan 1 dimasukkan dalam persamaan 2 maka nilai Y akan diperoleh yaitu :

$$0,4948 (100-Y) + 0,1355 Y = 35$$

$$49,48 - 0,4948Y + 0,1355 Y = 35$$

$$- 0,4948Y + 0,1355Y = 35 - 49,48$$

$$- 0,3593 Y = - 14,48$$

$$Y = \frac{14,48}{0,3593}$$

$$= 40,3$$

Setelah diperoleh nilai Y maka untuk mencari nilai X dengan cara memasukkan persamaan 1 sehingga diperoleh nilai X yaitu:

$$X + Y = 100$$

$$X = 100 - Y$$

$$X = 100 - 40,3$$

$$X = 59,7$$

Dari kedua metode dalam persamaan aljabar ini diperoleh nilai yang tidak terlalu berbeda sehingga dapat diperoleh nilai X dan nilai Y, dimana nilai X merupakan komposisi bahan dari protein suplemen dan nilai Y merupakan komposisi bahan dari protein basal.

- Langkah selanjutnya adalah menghitung setiap komposisi bahan baku dari nilai X dan Y yang telah diperoleh pada tahap sebelumnya.

Komposisi bahan baku dari protein suplemen adalah sebagai berikut :

| | | | | | |
|----------------|-----|---|--------|---|--------|
| Tepung ikan | 2/6 | X | 59,11% | = | 19,70% |
| Tepung kedelai | 1/6 | X | 59,11% | = | 9,85% |
| Ampas tahu | 1/6 | X | 59,11% | = | 9,85% |
| Tepung bekicot | 2/6 | X | 59,11% | = | 19,70% |
| | | | | | 59,10% |
| | | | | | + |

Komposisi bahan baku dari protein basal adalah sebagai berikut :

| | | | | | |
|---------------|-----|---|--------|---|--------|
| Dedak halus | 2/3 | X | 40,89% | = | 27,26% |
| Tepung jagung | 1/3 | X | 40,89% | = | 13,64% |
| | | | | | 40,90% |
| | | | | | + |

Untuk membuktikan bahwa kadar protein pakan dari hasil perhitungan ini mempunyai kadar protein 35% dapat dilakukan pengecekan dengan cara menghitung sebagai berikut :

| | | | | | |
|----------------|--------|---|--------|---|--------|
| Tepung ikan | 19,70% | X | 62,65% | = | 12,34% |
| Tepung kedelai | 9,85% | X | 39,60% | = | 3,90% |
| Ampas tahu | 9,95% | X | 25,55% | = | 2,54% |
| Tepung bekicot | 19,70% | X | 54,29% | = | 10,69% |
| Dedak halus | 27,26% | X | 15,58% | = | 4,25% |
| Tepung jagung | 13,63% | X | 9,50% | = | 1,29% |
| | | | | | 35,26% |

Berdasarkan perhitungan tersebut terbukti bahwa formulasi pakan dengan menggunakan metode aljabar dapat dengan mudah dibuat dengan kelebihan dapat menggunakan bahan baku sesuai dengan kebutuhan ikan atau kebiasaan makan ikan dan kebutuhan optimal pemakaian bahan baku.

6.2.3. Metode linier

Metode Linier merupakan metode penyusunan formulasi pakan dengan menggunakan rumus matematika dan bisa dibuat programnya melalui komputer. Metode ini dapat diterapkan jika pengetahuan komputer dan matematikanya cukup

baik. Pada metode linier dengan melakukan perhitungan secara manual dengan menggunakan rumus matematika dapat dilakukan dengan cara :

- Memilih jenis bahan baku yang akan digunakan dan dibuat suatu tabel dengan beberapa persamaan yang akan digunakan, misalnya akan dibuat pakan ikan dengan kadar protein 35% dengan menggunakan jenis bahan baku antara lain adalah tepung ikan (kadar protein 62,65%), tepung kedele (kadar protein 39,6%), ampas tahu (25,55%), tepung bekicot (kadar protein 54,59%), dedak halus (kadar protein 15, 58%) dan tepung jagung (kadar protein 9,5%).

| No. | Jenis bahan baku | Kadar Protein (%) | Jumlah bahan baku (%) | Nilai X kuadrat (Dalam persen) | Kadar protein yang diinginkan (%) |
|-----|------------------|-------------------|-----------------------|--------------------------------|-----------------------------------|
| | n | X | Y | X ² | XY |
| 1. | Tepung ikan | 62,65 | ? | ? | ? |
| 2. | Tepung kedele | 39,60 | ? | ? | ? |
| 3. | Ampas tahu | 25,55 | ? | ? | ? |
| 4. | Tepung bekicot | 54,29 | ? | ? | ? |
| 5. | Dedak halus | 15,58 | ? | ? | ? |
| 6. | Tepung jagung | 9,50 | ? | ? | ? |
| | Σ | 207,17 | 100% | ? | 35% |

- Nilai Y dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan linier, yaitu :

$$Y = a + b X$$

$$\Sigma Y = n \cdot a + b \cdot \Sigma X$$

$$\Sigma X Y = n \cdot \Sigma X a + b \cdot \Sigma X^2$$

$$a = \frac{\Sigma Y - b \Sigma X}{n}$$

$$b = \frac{n \Sigma X Y - \Sigma X \Sigma Y}{n \Sigma X^2 - (\Sigma X)^2}$$

Nilai X kuadrat dalam persen dapat dihitung dengan cara mengalikan nilai X pada kolom tersebut kemudian dibagi 100 maka nilai X dalam kuadrat untuk tepung ikan adalah (62,65 X 62,65) dibagi 100 = 39,25. Begitu seterusnya untuk setiap bahan baku yang digunakan sehingga diperoleh nilai seperti pada tabel di bawah ini :

| No. | Jenis bahan baku | Kadar Protein (%) | Jumlah bahan baku (%) | Nilai X kuadrat (Dalam persen) | Kadar protein yang diinginkan (%) |
|-----|------------------|-------------------|-----------------------|--------------------------------|-----------------------------------|
| | n | X | Y | X ² | XY |
| 1. | Tepung ikan | 62,65 | ? | 39,25 | ? |
| 2. | Tepung kedele | 39,60 | ? | 15,68 | ? |
| 3. | Ampas tahu | 25,55 | ? | 6,53 | ? |
| 4. | Tepung bekicot | 54,29 | ? | 29,47 | ? |
| 5. | Dedak halus | 15,58 | ? | 2,43 | ? |
| 6. | Tepung jagung | 9,50 | ? | 0,90 | ? |
| | Σ | 207,17 | 100% | 94,24 | 35% |

- Dari persamaan linier tersebut kita dapat menghitung nilai a dan b sebagai koefisien yang akan dipergunakan untuk menghitung nilai Y dengan cara sebagai berikut :

$$b = \frac{n \sum X Y - \sum X \sum Y}{n \sum X^2 - (\sum X)^2}$$

$$b = \frac{6 \cdot 35\% - 207,17 \cdot 100\%}{6 \cdot 94,24 - (207,17)^2}$$

$$b = \frac{210\% - 207,17\%}{565,44\% - 429,19\%}$$

$$b = \frac{2,83}{136,25}$$

$$b = 0,02$$

$$a = \frac{\sum Y - b \sum X}{n}$$

$$a = \frac{100\% - 0,02 \cdot 207,17\%}{6}$$

$$a = \frac{95,86}{6}$$

$$a = 15,98$$

Setelah diperoleh nilai koefisien a dan b maka dapat dimasukkan dalam persamaan linier untuk mencari nilai Y yaitu $Y = 15,98 + 0,02 X$.

Dari persamaan tersebut kemudian digunakan untuk menghitung nilai Y pada tabel

diatas untuk setiap bahan baku yang digunakan, misalnya untuk bahan baku tepung ikan nilai Y nya adalah = $15,98 + (0,02 \times 62,65) = 15,58 + 1,253 = 17,23$,

lakukan perhitungan nilai Y untuk setiap bahan baku yang digunakan sehingga semua nilai Y pada setiap bahan baku dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

| No. | Jenis bahan baku | Kadar Protein (%) | Jumlah bahan baku (%) | Nilai X kuadrat (Dalam persen) | Kadar protein yang diinginkan (%) |
|-----|------------------|-------------------|-----------------------|--------------------------------|-----------------------------------|
| | n | X | Y | X ² | XY |
| 1. | Tepung ikan | 62,65 | 17,23 | 39,25 | ? |
| 2. | Tepung kedele | 39,60 | 16,77 | 15,68 | ? |
| 3. | Ampas tahu | 25,55 | 16,49 | 6,53 | ? |
| 4. | Tepung bekicot | 54,29 | 17,07 | 29,47 | ? |
| 5. | Dedak halus | 15,58 | 16,29 | 2,43 | ? |
| 6. | Tepung jagung | 9,50 | 16,17 | 0,90 | ? |
| | Σ | 207,17 | 100% | 94,24 | 35% |

- Setelah diperoleh nilai Y pada setiap bahan baku maka dapat dihitung nilai XY dengan cara mengalikan nilai X dengan nilai Y sehingga dapat diperoleh nilai XY untuk bahan baku tepung ikan adalah 62,65 dikali dengan 17,23

dibagi 100 maka hasilnya adalah 10,79%. Lakukan perhitungan untuk setiap bahan baku yang digunakan sehingga diperoleh nilai seperti pada Tabel dibawah ini :

| No. | Jenis bahan baku | Kadar Protein (%) | Jumlah bahan baku (%) | Nilai X kuadrat (Dalam persen) | Kadar protein yang diinginkan (%) |
|-----|------------------|-------------------|-----------------------|--------------------------------|-----------------------------------|
| | n | X | Y | X ² | XY |
| 1. | Tepung ikan | 62,65 | 17,23 | 39,25 | 10,79% |
| 2. | Tepung kedele | 39,60 | 16,77 | 15,68 | 6,64% |
| 3. | Ampas tahu | 25,55 | 16,49 | 6,53 | 4,21% |
| 4. | Tepung bekicot | 54,29 | 17,07 | 29,47 | 9,27% |
| 5. | Dedak halus | 15,58 | 16,29 | 2,43 | 2,54% |
| 6. | Tepung jagung | 9,50 | 16,17 | 0,90 | 1,54% |
| | Σ | 207,17 | 100% | 94,24 | 35% |

- Langkah selanjutnya adalah menyusun formulasi bahan baku yang akan digunakan untuk membuat pakan ikan dengan kadar protein 35% dengan metode linier adalah sebagai berikut :

| | |
|----------------|--------------|
| Tepung ikan | 17,23% |
| Tepung kedelai | 16,77% |
| Ampas tahu | 16,49% |
| Tepung bekicot | 17,07% |
| Dedak halus | 16,29% |
| Tepung jagung | 16,17% |
| | + 100,02% |

6.2.4. Metode *Trial and Error* (coba-coba)

Metode coba-coba (*Trial and Error*) merupakan metode yang banyak digunakan oleh pembuat pakan skala kecil dimana metode ini relatif sangat mudah dalam membuat formulasi pakan ikan. Metode ini prinsipnya adalah semua bahan baku yang akan digunakan harus berjumlah 100%. Jika bahan baku yang dipilih untuk penyusunan formulasi sudah ditetapkan maka langkah selanjutnya adalah mengalikan antara jumlah bahan baku dengan kandungan protein bahan baku. Langkah tersebut dilakukan sampai diperoleh kandungan protein pakan sesuai dengan yang diinginkan. Dalam metode ini maka si pembuat formula harus sudah mengetahui dan

memahami kebutuhan bahan baku yang akan digunakan tersebut sesuai dengan kebutuhan ikan dan kebiasaan makan setiap jenis ikan serta kandungan optimal setiap bahan baku yang akan digunakan dalam formulasi tersebut. Para peneliti yang menggunakan metode ini biasanya menggunakan rumus matematika biasa yang digunakan dalam persamaan kuadrat atau dengan menggunakan perkalian biasa atau menggunakan metode berat yaitu menghitung dengan cara mencoba dan mencoba lagi berdasarkan satuan berat. Adapun langkah-langkah yang harus dilakukan dalam menyusun pakan ikan dengan metode coba-coba (*Trial and error*) adalah sebagai berikut :

- Pilihlah bahan baku yang akan digunakan untuk menyusun pakan ikan dan susunlah berdasarkan kandungan protein pada setiap bahan baku tersebut. Misalnya dalam membuat pakan ikan untuk ikan Mas dengan kandungan protein 35% dengan bahan baku yang digunakan adalah tepung ikan (kadar protein 62,65%), tepung kedele (kadar protein 39,6%), ampas tahu (25,55%), tepung bekicot (kadar protein 54,59%), dedak halus (kadar protein 15, 58%) dan tepung jagung (kadar protein 9,5%). Untuk memudahkan maka dibuat tabel seperti dibawah ini :

| No. | bahan baku | Kadar protein bahan baku (%) | Jumlah bahan baku (%) | Kadar protein bahan baku (%) |
|-----|----------------|------------------------------|-----------------------|------------------------------|
| 1. | Tepung ikan | 62,65 | ? | ? |
| 2. | Tepung kedele | 39,60 | ? | ? |
| 3. | Ampas tahu | 25,55 | ? | ? |
| 4. | Tepung bekicot | 54,29 | ? | ? |
| 5. | Dedak halus | 15,58 | ? | ? |
| 6. | Tepung jagung | 9,50 | ? | ? |
| | | | 100% | 35% |

- Masukkan jumlah bahan baku yang akan digunakan dalam formulasi pakan sampai semua bahan baku yang digunakan berjumlah 100%. Dalam mengisi kolom jumlah bahan baku harus mempertimbangkan kadar protein bahan baku, jenis ikan yang akan mengkonsumsi bahan baku, macam-macam bahan baku, harga dan kebutuhan optimal bahan baku untuk setiap jenis ikan berdasarkan kebiasaan makannya.

| No. | Jenis bahan baku | Kadar protein bahan baku (%) | Jumlah bahan baku (%) | Kadar protein bahan baku (%) |
|-----|------------------|------------------------------|-----------------------|------------------------------|
| 1. | Tepung ikan | 62,65 | 20 | ? |
| 2. | Tepung kedele | 39,60 | 15 | ? |
| 3. | Ampas tahu | 25,55 | 16 | ? |
| 4. | Tepung bekicot | 54,29 | 15 | ? |
| 5. | Dedak halus | 15,58 | 20 | ? |
| 6. | Tepung jagung | 9,50 | 10 | ? |
| 7. | Vitamin | - | 2 | |
| 8. | Mineral | - | 2 | |
| | | | 100% | 35% |

- Setelah jumlah bahan baku yang akan digunakan diletakkan pada kolom jumlah bahan baku maka langkah selanjutnya adalah menghitung kadar protein pada setiap bahan baku dengan cara jumlah bahan baku yang akan digunakan dikalikan dengan kadar protein bahan baku. Misalnya untuk tepung ikan mempunyai kadar protein 62,55%, jika akan digunakan sebanyak

20% dari total bahan baku maka kontribusi kadar protein dari tepung ikan adalah 20% dikali dengan 62,55% = 12,51%.

Lakukan perhitungan untuk semua bahan baku sehingga diperoleh nilai seperti dalam tabel dibawah ini.

| No. | Jenis bahan baku | Kadar protein bahan baku (%) | Jumlah bahan baku (%) | Kadar protein bahan baku (%) |
|-----|------------------|------------------------------|-----------------------|------------------------------|
| 1. | Tepung ikan | 62,65 | 20 | 12,51 |
| 2. | Tepung kedele | 39,60 | 15 | 5,94 |
| 3. | Ampas tahu | 25,55 | 16 | 4,09 |
| 4. | Tepung bekicot | 54,29 | 15 | 8,14 |
| 5. | Dedak halus | 15,58 | 20 | 3,12 |
| 6. | Tepung jagung | 9,50 | 10 | 0,95 |
| 7. | Vitamin | - | 2 | |
| 8. | Mineral | - | 2 | |
| | | | 100% | 35% |

- Setelah dimasukkan kedalam tabel tersebut lakukan penjumlahan dan dicek apakah jumlah kadar protein semua bahan baku tersebut sudah 35% . Jumlah kadar protein semua bahan baku itu adalah $12,51 + 5,94 + 4,09 + 8,14 + 3,12 + 0,95 = 34,75$. dari hasil coba-coba tersebut baru diperoleh kadar protein semua bahan baku adalah 34,75%, padahal kadar protein pakan yang diinginkan adalah 35% maka masih kekurangan kadar protein sebanyak 0,25%, maka dari bahan baku yang digunakan harus ditambahkan bahan baku yang kadar proteinnya tinggi dan mengurangi jumlah bahan baku yang kadar proteinnya rendah sampai benar-benar diperoleh nilai kadar protein sebesar 35%. Maka komposisi pakan ikan kadar 35% yang telah diperbaiki menjadi seperti tabel dibawah ini:

| No. | Jenis bahan baku | Kadar protein bahan baku (%) | Jumlah bahan baku (%) | Kadar protein bahan baku (%) |
|-----|------------------|------------------------------|-----------------------|------------------------------|
| 1. | Tepung ikan | 62,65 | 22 | 13,78 |
| 2. | Tepung kedele | 39,60 | 16 | 6,34 |
| 3. | Ampas tahu | 25,55 | 15 | 3,83 |
| 4. | Tepung bekicot | 54,29 | 13 | 7,06 |
| 5. | Dedak halus | 15,58 | 20 | 3,12 |
| 6. | Tepung jagung | 9,50 | 10 | 0,95 |
| 7. | Vitamin | - | 2 | - |
| 8. | Mineral | - | 2 | - |
| | | | 100% | 35,08% |

Untuk melengkapi komposisi pakan dari keempat metode diatas sebaiknya dilakukan perhitungan nilai energi dari formulasi pakan tersebut. Formulasi pakan yang telah dibuat tersebut dapat memberikan pertumbuhan yang optimal pada ikan budidaya jika pakan yang dibuat tersebut mempunyai perbandingan/rasio protein energi berkisar antara 8 – 10. Nilai

perbandingan antara protein dan energi (digestible energi) dapat dilakukan perhitungan. Adapun cara melakukan perhitungan adalah sebagai berikut :

- Misalnya komposisi pakan yang telah diperoleh adalah dari hasil perhitungan seperti yang telah dilakukan dengan metode trial and error sebagai berikut :

| No. | Jenis bahan baku | Kadar protein bahan baku (%) | Jumlah bahan baku (%) | Kadar protein bahan baku (%) |
|-----|------------------|------------------------------|-----------------------|------------------------------|
| 1. | Tepung ikan | 62,65 | 22 | 13,78 |
| 2. | Tepung kedele | 39,60 | 16 | 6,34 |
| 3. | Ampas tahu | 25,55 | 15 | 3,83 |
| 4. | Tepung bekicot | 54,29 | 13 | 7,06 |
| 5. | Dedak halus | 15,58 | 20 | 3,12 |
| 6. | Tepung jagung | 9,50 | 10 | 0,95 |
| 7. | Vitamin | - | 2 | - |
| 8. | Mineral | - | 2 | - |
| | | | 100% | 35,08% |

- Langkah selanjutnya adalah melakukan perhitungan untuk kadar lemak dan karbohidrat dari setiap bahan baku yang akan digunakan untuk membuat pakan ikan sebagai berikut :

| No. | Jenis bahan baku | Kadar lemak bahan baku (%) | Jumlah bahan baku (%) | Kadar lemak bahan baku (%) |
|-----|------------------|----------------------------|-----------------------|----------------------------|
| 1. | Tepung ikan | 15,38 | 22 | 3,38 |
| 2. | Tepung kedele | 14,30 | 16 | 2,29 |
| 3. | Ampas tahu | 5,54 | 15 | 0,83 |
| 4. | Tepung bekicot | 4,18 | 13 | 0,54 |
| 5. | Dedak halus | 12,15 | 20 | 2,43 |
| 6. | Tepung jagung | 4,43 | 10 | 0,43 |
| 7. | Vitamin | - | 2 | - |
| 8. | Mineral | - | 2 | - |
| | | | 100% | 9,90% |

Setelah itu lakukan perhitungan kadar karbohidrat bahan baku, karbohidrat dalam analisa proksimat merupakan

penjumlahan dari serat kasar dan bahan ekstrak tanpa nitrogen.

| No. | Jenis bahan baku | Kadar karbohidrat bahan baku (%) | Jumlah bahan baku (%) | Kadar karbohidrat bahan baku (%) |
|-----|------------------|----------------------------------|-----------------------|----------------------------------|
| 1. | Tepung ikan | 5,81 | 22 | 1,28 |
| 2. | Tepung kedele | 29,5 | 16 | 4,72 |
| 3. | Ampas tahu | 26,92 | 15 | 4,04 |
| 4. | Tepung bekicot | 30,45 | 13 | 3,96 |
| 5. | Dedak halus | 28,62 | 20 | 5,72 |
| 6. | Tepung jagung | 74,23 | 10 | 7,42 |
| 7. | Vitamin | - | 2 | - |
| 8. | Mineral | - | 2 | - |
| | | | 100% | 27,14% |

Dari hasil perhitungan diperoleh kandungan nutrisi dari formulasi pakan yang telah dibuat yaitu :
Kadar protein : 35 %

Kadar Lemak : 9,9%
Kadar Karbohidrat : 27,14%

Pada penjelasan tentang energi pada bab sebelumnya telah dijelaskan tentang nilai energi dari setiap bahan makanan dimana berdasarkan nilai Gross Energi (GE) diketahui 1 gram protein setara dengan 5,6 kkal/g, sedangkan untuk satu gram lemak adalah 9,4 kkal/g dan untuk satu gram karbohidrat adalah 4,1 kkal/g. Dengan berdasarkan nilai GE dapat dihitung nilai energi yang dapat dicerna oleh ikan yaitu 80% dari nilai GE maka 1 gram protein setara

dengan 4,48 kkal/g, sedangkan untuk satu gram lemak adalah 7,52 kkal/g dan untuk satu gram karbohidrat adalah 3,28 kkal/g. Maka dalam komposisi pakan dengan kandungan protein 35% berarti dalam satu kilogram pakan terdapat 350 gram protein, 99 gram lemak dan 271,4 gram karbohidrat. Untuk memperoleh nilai jumlah energi dari formulasi pakan tersebut dilakukan penjumlahan nilai energi yang berasal dari protein, lemak dan karbohidrat yaitu :

| | | | | |
|-------------|---|-----------------------------|---|-------------------|
| Protein | : | 350 gram X 4,48 kkal/gram | = | 1568,00 kkal |
| Lemak | : | 99 gram X 7,52 kkal/gram | = | 744,48 kkal |
| Karbohidrat | : | 271,4 gram X 3,28 kkal/gram | = | 890,19 kkal |
| | | | | + 3202,67 kkal |

Maka protein energi ratio adalah 3202,67 dibagi 350 = 9,15.

Hal ini berarti dalam satu gram protein yang dihasilkan dari formulasi pakan tersebut diimbangi dengan energi sebesar 9,15 kkal, yang berarti energi yang diperoleh dari hasil perhitungan formulasi pakan tersebut sudah memenuhi kriteria kebutuhan ikan akan energi yaitu berkisar antara 8 – 10.

6.2.5. Metode worksheet

Metode yang terakhir dan saat ini banyak digunakan oleh pembuat pakan adalah metode worksheet. Metode ini dapat menggunakan alat bantu komputer untuk menghitung jumlah bahan baku yang digunakan dengan membuat lembar kerja pada program microsoft excell. Data

kandungan nutrisi bahan baku dan jenis bahan baku yang akan digunakan dimasukkan dalam data tersebut dan berapa jumlah kebutuhan untuk setiap jenis bahan baku harus mengalikan antara persentase bahan baku yang digunakan dengan kandungan protein, lemak dan karbohidrat bahan baku, dengan program ini hanya membantu dalam perkalian antara kolom yang satu dengan kolom yang lainnya dengan program komputer. Prinsipnya adalah hampir sama dengan trial and error atau mau menggunakan metode apa saja untuk mengisi kolom jumlah bahan baku yang akan digunakan dimana pada metode ini perhitungan dapat dibantu dengan komputer. Metode ini dapat mempermudah para pembuat

formulasi untuk memperoleh formulasi pakan yang lengkap dengan kandungan energi dari formulasi pakan yang dibuat. Adapun langkah-langkah yang harus dilakukan dalam menyusun formulasi pakan dengan metode worksheet adalah sebagai berikut :

- Lakukan pemilihan terhadap jenis bahan baku yang akan digunakan dalam membuat pakan ikan. Misalnya akan dibuat pakan ikan Mas, ikan Mas ini merupakan salah satu jenis ikan berdasarkan kebiasaan makannya adalah ikan dari kelompok omnivora yaitu kelompok ikan pemakan segala. Oleh karena itu jenis bahan baku

yang akan digunakan untuk membuat pakan ikan dapat bersumber dari hewani, nabati atau limbah hasil pertanian. Selain itu dengan menggunakan berbagai sumber bahan baku akan saling melengkapi kekurangan dan kelebihan zat nutrisi yang terkandung di dalam setiap bahan baku. Misalnya bahan baku yang akan digunakan adalah tepung ikan, tepung kedelai, tepung bekicot, tepung terigu, dedak, tepung jagung, vitamin dan mineral dengan komposisi zat nutrisi pada setiap bahan baku tersebut adalah seperti pada tabel dibawah ini.

| Jenis bahan baku | Kadar protein (%) | Kadar lemak (%) | Kadar abu (%) | Kadar serat kasar (%) | Kadar BETN (%) |
|------------------|-------------------|-----------------|---------------|-----------------------|----------------|
| Tepung ikan | 65,8 | 6,5 | 20,1 | 0,8 | 8,5 |
| Tepung kedelai | 35,8 | 19,8 | 1,8 | 4,9 | 33,9 |
| Tepung keong mas | 52,8 | 14,6 | 15,3 | 0,7 | 19,5 |
| Tepung terigu | 15,3 | 1,7 | 0,7 | 0,8 | 81,1 |
| Tepung jagung | 7,8 | 4,7 | 1,8 | 2,6 | 83,1 |
| Dedak | 13,3 | 14,1 | 10,7 | 8,5 | 53,4 |
| Vitamin | - | - | - | - | - |
| Mineral | - | - | - | - | - |

- Dari tabel pada tahap sebelumnya tentukan terlebih dahulu jumlah setiap bahan baku yang akan digunakan untuk membuat pakan ikan mas dan kadar protein, lemak dan karbohidrat serta energi (kalori) pakan buatan yang akan dibuat. Misalnya kadar protein pakan adalah 35%, kadar lemak adalah 10% dan kadar karbohidrat kurang dari 40% dengan nilai energi (kalori) pakan buatan adalah 3500 sehingga ratio/perbandingan protein dan energi adalah 10.
- Buatlah perkiraan jumlah setiap bahan baku yang akan digunakan dengan cara menggunakan menggunakan

metode yang anda inginkan dan masukkan dalam kolom yang berisi jumlah bahan baku dan hitunglah kadar protein, lemak

dan karbohidratnya. Adapun worksheet yang dibuat seperti tabel dibawah ini :

| Jenis bahan baku | Jumlah bahan baku (%) | Kadar protein (%) | Kadar lemak (%) | Kadar abu (%) | Kadar serat kasar (%) | Kadar BETN (%) |
|------------------|-----------------------|-------------------|-----------------|---------------|-----------------------|----------------|
| Tepung ikan | | 65,8 | 6,5 | 20,1 | 0,8 | 8,5 |
| Tepung kedelai | | 35,8 | 19,8 | 1,8 | 4,9 | 33,9 |
| Tepung keong | | 52,8 | 14,6 | 15,3 | 0,7 | 19,5 |
| Tepung terigu | | 15,3 | 1,7 | 0,7 | 0,8 | 81,1 |
| Tepung jagung | | 7,8 | 4,7 | 1,8 | 2,6 | 83,1 |
| Dedak | | 13,3 | 14,1 | 10,7 | 8,5 | 53,4 |
| Vitamin | | - | - | - | - | - |
| Mineral | | - | - | - | - | - |
| Jumlah | 100 | 35 | 10 | - | - | <40 |

- Langkah selanjutnya adalah menentukan jumlah bahan baku yang akan digunakan dan dimasukkan dalam worksheet kedua seperti dibawah ini.

| Jenis bahan baku | Jumlah bahan baku (%) | Kadar protein (%) | Kadar lemak (%) | Kadar abu (%) | Kadar serat kasar (%) | Kadar BETN (%) |
|------------------|-----------------------|-------------------|-----------------|---------------|-----------------------|----------------|
| Tepung ikan | 20 | 65,8 | 6,5 | 20,1 | 0,8 | 8,5 |
| Tepung kedelai | 15 | 35,8 | 19,8 | 1,8 | 4,9 | 33,9 |
| Tepung keong | 10 | 52,8 | 14,6 | 15,3 | 0,7 | 19,5 |
| Tepung terigu | 10 | 15,3 | 1,7 | 0,7 | 0,8 | 81,1 |
| Tepung jagung | 15 | 7,8 | 4,7 | 1,8 | 2,6 | 83,1 |
| Dedak | 25 | 13,3 | 14,1 | 10,7 | 8,5 | 53,4 |
| Vitamin | 2 | - | - | - | - | - |
| Mineral | 3 | - | - | - | - | - |
| Jumlah | 100 | 35 | 10 | - | - | <40 |

- Hitunglah kandungan protein, lemak, serat kasar dan bahan ekstrak tanpa nitrogen dari perkiraan formulasi di atas sampai diperoleh nilai seperti yang diinginkan dengan menggunakan metode coba-coba atau sesuai keinginan pembuat formulasi. Dan letakkan hasil

perhitungannya pada bagian sudut kanan setiap kandungan

nutrisi bahan baku seperti worksheet dibawah ini :

| Jenis bahan baku | Jumlah bahan baku (%) | Kadar protein (%) | Kadar lemak (%) | Kadar abu (%) | Kadar serat kasar (%) | Kadar BETN (%) |
|------------------|-----------------------|-------------------|-----------------|---------------|-----------------------|----------------|
| Tepung ikan | 20 | 65,8 13,16 | 6,5 1,3 | 20,1 | 0,8 | 8,5 0,17 |
| Tepung kedelai | 15 | 35,8 5,37 | 19,8 2,97 | 1,8 | 4,9 | 33,9 5,09 |
| Tepung keong | 10 | 52,8 5,28 | 14,6 0,14 | 15,3 | 0,7 | 19,5 1,95 |
| Tepung terigu | 10 | 15,3 1,53 | 1,7 0,17 | 0,7 | 0,8 | 81,1 8,11 |
| Tepung jagung | 15 | 7,8 1,17 | 4,7 0,71 | 1,8 | 2,6 | 83,1 12,47 |
| Dedak | 25 | 13,3 3,33 | 14,1 3,53 | 10,7 | 8,5 | 53,4 13,35 |
| Vitamin | 2 | - | - | - | - | - |
| Mineral | 3 | - | - | - | - | - |
| Jumlah | 100 | 30 29,84 | 10 8,11 | - | | <40 41,14 |

Dari hasil perhitungan dengan menggunakan bantuan komputer dengan program excell (misalnya kolom 2 dikalikan dengan kolom 3 dibagi 100) atau dengan menggunakan perhitungan matematika biasa dalam metode coba-coba dimana jumlah bahan baku dikalikan dengan kadar protein dibagi 100, begitu juga dengan kadar lemak dan karbohidrat (Bahan ekstrak tanpa nitrogen). Dari hasil perhitungan itu ternyata hasil yang diperoleh belum sesuai dengan keinginan penyusun pada awalnya maka harus dilakukan perhitungan

ulang sampai diperoleh nilai yang pas dengan rencana.

Pada perhitungan tersebut diperoleh kadar protein yang kurang dari 35%, begitu juga dengan kadar lemak sedangkan karbohidratnya berlebih, maka dalam menghitung kebutuhan jumlah bahan baku selanjutnya harus ditambahkan bahan baku yang mempunyai kadar protein tinggi dan mengurangi bahan baku yang kandungan karbohidratnya tinggi. Oleh karena itu harus dibuat kembali worksheets selanjutnya seperti dibawah ini :

| Jenis bahan baku | Jumlah bahan baku (%) | Kadar protein (%) | Kadar lemak (%) | Kadar abu (%) | Kadar serat kasar (%) | Kadar BETN (%) |
|------------------|-----------------------|-------------------|-----------------|---------------|-----------------------|----------------|
| Tepung ikan | 26 | 65,8 17,11 | 6,5 1,69 | 20,1 | 0,8 | 8,5 2,21 |
| Tepung kedelai | 12 | 35,8 4,29 | 19,8 2,38 | 1,8 | 4,9 | 33,9 4,07 |
| Tepung keong | 17 | 52,8 8,97 | 14,6 2,48 | 15,3 | 0,7 | 19,5 3,32 |
| Tepung terigu | 10 | 15,3 1,53 | 1,7 0,17 | 0,7 | 0,8 | 81,1 8,11 |
| Tepung jagung | 10 | 7,8 0,78 | 4,7 0,47 | 1,8 | 2,6 | 83,1 8,31 |
| Dedak | 20 | 13,3 2,66 | 14,1 2,82 | 10,7 | 8,5 | 53,4 10,64 |
| Vitamin | 2 | - | - | - | - | - |
| Mineral | 3 | - | - | - | - | - |
| Jumlah | 100 | 35 35,34 | 10 10,01 | - | | <40 36,66 |

Setelah diperoleh kadar nutrisi bahan baku pakan sesuai dengan rencana langkah selanjutnya adalah menghitung nilai energi dari

komposisi bahan baku sebagai berikut :

| | | | | | | |
|-------------|---|------------|---|----------------|---|--------------|
| Protein | : | 353,4 gram | X | 4,48 kkal/gram | = | 1583,23 kkal |
| Lemak | : | 100,1 gram | X | 7,52 kkal/gram | = | 752,75 kkal |
| Karbohidrat | : | 366,6 gram | X | 3,28 kkal/gram | = | 1202,45 kkal |
| | | | | | | + _____ |
| | | | | | | 3538,48 kkal |

Maka protein energi ratio adalah 3538,48 dibagi 350 = 10,1

Hal ini berarti dalam satu gram protein yang dihasilkan dari formulasi pakan tersebut diimbangi dengan energi sebesar 10,1 kkal, yang berarti energi yang diperoleh dari hasil perhitungan formulasi pakan tersebut sudah memenuhi

kriteria kebutuhan ikan akan energi yaitu berkisar antara 8 – 10.

6.3 PROSEDUR PEMBUATAN PAKAN

Setelah ditentukan komposisi bahan baku yang akan dibuat pakan buatan dengan menggunakan salah satu metode, langkah selanjutnya adalah melakukan pembuatan pakan ikan. Prosedur dalam pembuatan pakan ikan dapat dikelompokkan berdasarkan skala usahanya yaitu:

1. Skala besar yaitu pembuatan pakan ikan secara besar/pabrikasi
2. Skala sedang yaitu pembuatan pakan untuk memenuhi kegiatan produksi dengan peralatan sedang
3. Skala kecil yaitu pembuatan pakan secara sederhana dengan menggunakan peralatan rumahtangga.

Dalam proses pembuatan pakan ikan diperlukan beberapa peralatan baik untuk skala pabrikasi, sedang dan skala rumah tangga. Adapun peralatan yang digunakan dapat dikelompokkan menjadi :

1. Alat penepung (*grinding*)
2. Alat pencampur (*mixing*)
3. Alat pengukus / pemanas (*steaming*)
4. Alat pencetak (*pelleting*)
5. Alat pengering (*drying*)
6. Alat pengepak/pengemasan (*packing*)

Alat penepung (*Grinding*)

Alat penepung digunakan untuk membuat semua bahan baku yang akan digunakan berubah menjadi tepung. Seperti penjelasan

sebelumnya, sebelum membuat pakan diharuskan untuk memilih jenis-jenis bahan baku yang akan digunakan untuk membuat pakan. Jenis-jenis bahan baku yang telah dipilih dan ditentukan jumlahnya berdasarkan hasil perhitungan formulasi pakan pada materi sebelumnya, selanjutnya dilakukan proses penepungan terhadap bahan-bahan baku tersebut. Bahan baku yang akan dibuat menjadi pakan buatan semuanya harus dalam bentuk tepung karena jika ada bahan baku yang tidak dalam bentuk tepung akan terjadi campuran bahan baku yang tidak homogen dan akan menyebabkan pakan yang akan dibuat tidak dapat menggumpal dengan baik. Penghalusan bahan baku sampai menjadi tepung ini menggunakan alat bantu penepungan .

Penepungan bahan baku harus dilakukan agar proses pembuatan pakan sesuai prosedur. Bahan baku untuk pembuatan pakan buatan pada umumnya adalah bahan baku kering. Ukuran tepung untuk bahan baku pakan buatan dalam bentuk pellet sebaiknya berukuran kurang dari 0,6 mm, agar daya ikat antar partikel bahan baku lebih kuat sehingga tidak mudah larut dalam air. Untuk mendapatkan ukuran tepung yang diinginkan tersebut kita dapat mengatur saringan yang terdapat pada alat penepung dengan cara mengganti/menukar saringannya sesuai dengan yang diinginkan. Namun perlu diingat dalam menggunakan saringan pada alat penepung sebaiknya bertahap, yaitu saringan yang digunakan

pertama kali harus saringan yang paling kasar sampai yang terakhir saringan yang paling halus atau ukuran saringan yang diinginkan. Hal ini perlu diperhatikan agar dalam proses penepungan tidak terjadi kemacetan pada mesin yang dapat mengakibatkan kerusakan mesin.

Ada dua jenis alat yang dapat digunakan untuk melakukan penepungan bahan baku. Peralatan yang digunakan pada proses penepungan menggunakan saringan adalah menggunakan alat penepung disk mill (Gambar 6.1) dan hammer mill (Gambar 6.2).



Gambar 6.1. Disk mill



Gambar 6.2. Hammer Mill

Disc mill adalah alat penepung yang bekerja dengan cara berputarnya suatu pasangan piringan logam baja yang satu berputar sedangkan yang lainnya sebagai landasan. Bahan baku yang akan ditepung berada pada dua kepingan logam tersebut, kemudian bahan baku yang telah dihancurkan akan dilakukan proses penyaringan dalam peralatan ini secara langsung. Sedangkan hammer mill adalah alat penepung yang bekerja dengan cara prinsip palu yaitu memukul suatu bahan baku yang akan ditepung pada sistem saringan yang berfungsi sebagai lempengan plat yang akan terpukul semua bahan baku dan tersaring pada saringan tersebut.

Disc mill dan hammer mill ini dibuat dengan berbagai macam kapasitas produksi bergantung pada keinginan pemakai alat ini bisa digunakan untuk skala pabrikasi, skala menengah atau skala rumah tangga. Kapasitas produksi

peralatan ini mulai dari 1kg perjam sampai satu ton perjam.

Alat pencampur

Setelah penepungan bahan baku dilakukan terhadap semua jenis bahan baku yang akan digunakan untuk pembuatan pakan buatan adalah melakukan penimbangan ulang bahan baku sesuai dengan formulasi yang telah ditentukan sebelumnya. Selanjutnya bahan baku yang telah ditimbang tersebut selesai, dilakukan proses pencampuran. Proses pencampuran bahan baku harus dilakukan dengan cara mencampur bahan baku yang jumlahnya paling sedikit kemudian secara bertahap ditambahkan jenis bahan baku lainnya yang jumlahnya semakin banyak. Hal ini bertujuan agar semua bahan baku tersebut dapat tercampur secara homogen. Pencampuran bahan baku kering yang sempurna akan sangat berpengaruh terhadap kekompakan bahan baku tersebut jika sudah dicampur dengan air menjadi adonan dan siap dibentuk sesuai keinginan.

Proses pencampuran bahan baku menjadi suatu campuran yang homogen dapat dilakukan dengan menggunakan alat pencampur baik alat pencampur vertikal (Vertical mixer) (Gambar 6.3) maupun horizontal (horizontal mixer) (Gambar 6.4). Pemakaian jenis alat pencampur ini sangat bergantung kepada kapasitas produksi .



Gambar 6.3. Vertical mixer



Gambar 6.4. Horizontal mixer

Alat pemanas/pengukus

Alat pemanas ini biasanya dilakukan jika dalam membuat pakan ikan menggunakan beberapa bahan baku yang mengandung zat antinutrisi. Dimana dengan perlakuan pemanasan zat antinutrisi ini akan menjadi tidak aktif dan dapat meningkatkan pemakaian nutrisi tersebut. Beberapa zat antinutrisi yang terdapat pada beberapa bahan baku pakan menurut

Millamena et al (2000) dapat dilihat pada Tabel 6.8. Zat antinutrisi ini misalnya pada bahan baku kedele mentah atau jenis-jenis legumes

dapat mempengaruhi laju pencernaan bahan tersebut di dalam sistem pencernaan ikan.

Tabel 6.8. Bahan baku pakan yang mengandung zat antinutrisi, dan cara menghilangkan zat antinutrisi (Millamena *et al*, 2000)

| Zat antinutrisi | Aksi merugikan | Bahan pakan | Perbaikan |
|-----------------------|---|---------------------------------------|--|
| Trypsin inhibitor | Mengikat trypsin untuk membentuk senyawa inaktif | Kedele dan berbagai legumes | Pemanasan pada suhu 175-195°C atau dimasak selama 10 menit |
| Lectins | Menghancurkan sel darah merah | Kedele dan berbagai legumes | Merebus di dalam air/ dimasukkan dalam autoclave selama 30 menit |
| Goitrogens | Menghambat penyerapan iodine kedalam kelenjar thyroid | Kedele dan berbagai legumes | Diupkan dan atau dimasukkan dalam autoclave selama 10-30 menit |
| Antivitamin D | Mengikat vitamin D membuatnya tidak bermanfaat | Kedele dan berbagai legumes | Diautoclave atau direbus selama 30 menit |
| Antivitamin E | Mengurangi kontribusi vitamin E | Kedele dan berbagai legumes | Diautoclave |
| Thiaminase | Merangsang penghancuran thiamin (Vit B1) | Ikan mentah kerang dan kedele | Diautoclave, dipanaskan dan dimasak |
| Estrogens (isoflavon) | Mengganggu reproduksi | Tanaman glycoside | Dibuat larutan ekstrak |
| Gossipol | Mengikat phosphor dan beberapa protein | Tepung biji kapuk | Menambahkan garam besi atau phytase |
| Tannin | Mengikat protein dan menghambat pencernaan trypsin | Kacang-kacangan dan legumes | Dehulling |
| Cyanogens | Melepaskan racun asam hydrocyanic | Daun singkong | Direndam dalam air selama 12 jam |
| Mimosine | Mengganggu sintesis enzim pada hati, merusak sel hepatopankreas udang | Daun ipil-ipil | Daun direndam selama 24 jam |
| Peroksida | Mengikat protein dan vitamin | Penyimpanan yang jelek | Penyimpanan diperbaiki |
| Phytates | Mengikat protein dan mineral dan mengurangi daya gunanya | Tepung biji kapas, kedele dan legumes | Dehulling |

Alat pencetak

Alat pencetak adalah alat yang digunakan untuk mencetak pakan buatan. Bentuk alat pencetak ini sangat bergantung pada bentuk pakan buatan yang akan dicetak. Bentuk pakan buatan yang biasa di buat adalah pakan kering dalam bentuk pellet dan ukuran pakannya disesuaikan dengan peruntukkan ikan. Alat pencetak (pelleting) untuk skala rumah tangga dapat digunakan alat pengiling daging (Gambar 6.5), sedangkan skala menengah dapat menggunakan alat pelleting (Gambar 6.6) dan skala besar/pabrikasi dengan menggunakan alat pelleting otomatis (gambar 6.7). Panjang dan diameter pellet ini dapat diatur sesuai dengan kebutuhan (Gambar 6.8).



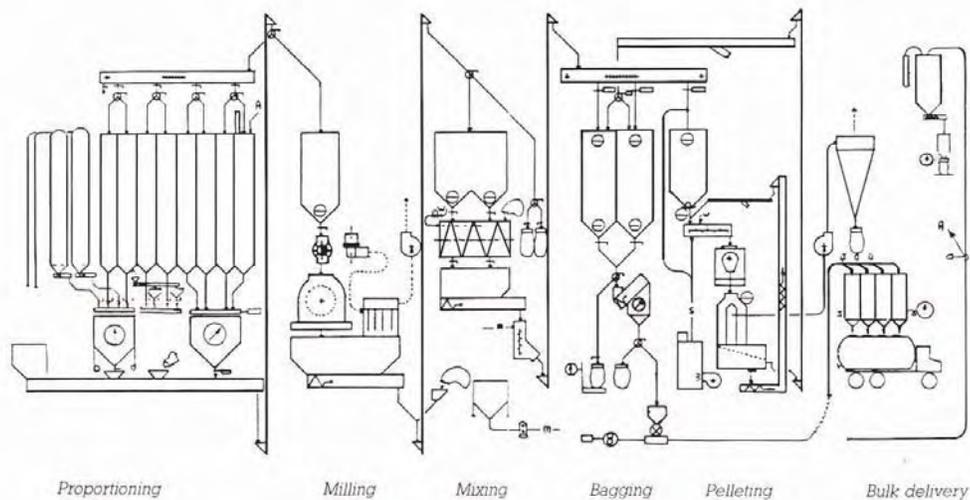
Gambar 6.5. Alat pengiling daging

Alat pengering

Pada skala usaha rumahtangga alat yang digunakan untuk mengeringkan pakan buatan adalah sinar matahari atau oven biasa. Pada industri skala menengah biasanya menggunakan oven listrik sedangkan pada industri skala besar pakan buatan yang dibuatnya menggunakan alat pencetak yang lengkap dengan alat pemanas (steam) sehingga pellet yang dihasilkan sudah dalam bentuk pellet kering.

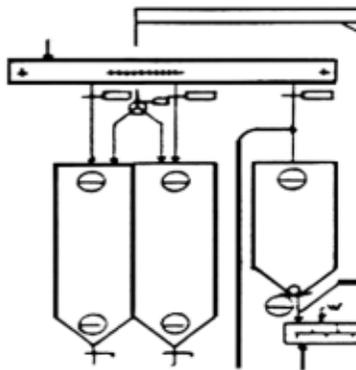
Prosedur pembuatan pakan skala besar/pabrikasi

Pada skala besar dimana biasanya menggunakan peralatan yang cukup canggih dan lengkap dengan skala produksi dapat mencapai 1-20 ton perhari. Adapun langkah pengerjaan pakan ikan ini dilakukan dengan alur proses seperti Gambar dibawah ini (Gambar 6.6)



Gambar 6.6. Alur proses pembuatan pakan skala pabrikasi

Tahap awal dalam pabrik pakan skala pabrikasi dilakukan persiapan bahan baku dimana semua bahan baku di pabrik disimpan pada alat yang disebut silo (Gambar 6.7).



Gambar 6.7. Silo

Setiap bahan baku yang disimpan dalam silo ada yang sudah ditepung terlebih dahulu atau masih dalam bentuk bahan mentah. Jika bahan baku masih dalam bentuk mentah maka dilakukan proses penepungan terlebih dahulu sampai semua jenis

bahan baku tersebut menjadi tepung. Bahan baku yang dibuat menjadi tepung adalah bahan baku dalam bentuk kering. Proses tahap awal ini biasa disebut milling. Setelah semua bahan baku menjadi tepung langkah kedua adalah melakukan pencampuran bahan baku (mixing), sebelum bahan baku kering tersebut dilakukan pencampuran harus dilakukan penimbangan terlebih dahulu terhadap bahan baku tersebut sesuai dengan formulasi yang telah disusun sebelumnya. Bahan-bahan tambahan seperti vitamin, mineral dan minyak sebagai sumber lipid biasanya ditambahkan setelah semua bahan tercampur sempurna (homogen) kemudian dibiarkan selama 15 menit.

Langkah selanjutnya adalah mencetak pellet menjadi bentuk pellet dengan ukuran yang telah ditentukan (pelleting), ukuran pellet ini berkisar antara 1 – 22 mm. Pada skala pabrik

pellet yang telah tercetak akan langsung masuk kedalam mesin uap (steam) yang sudah terangkai secara paralel dengan peralatan pelleting. Langkah terakhir dalam proses pembuatan pakan adalah pengemasan dan penyimpanan pakan. Dalam skala pabrikasi pellet yang telah tercetak biasanya langsung dikemas dalam prosesnya dibuat secara berangkai dengan proses pencetakan pellet. Mesin yang digunakan untuk mengemas pakan ini dilakukan secara otomatis.

Pengemasan pakan

Pengemasan/pengepakan pakan buatan merupakan tahap akhir dari proses pembuatan pakan sebelum didistribusikan kepada konsumen. Pengemasan pakan buatan dapat dilakukan secara langsung dari proses pembuatan pakan. Dengan pengemasan yang benar akan sangat menentukan daya simpan pakan buatan. Pengemasan yang baik akan dapat meningkatkan daya simpan pakan buat semakin lama sebelum dijual dan tetap mempertahankan kualitas pakan buatan.

Oleh karena itu, agar pakan buatan yang sudah kering sampai kadar airnya berkisar antara 10 – 12% sebelum dijual atau digunakan oleh konsumen dan tetap terjaga kadar airnya didalam kemasan sehingga pakan buatan dapat disimpan dalam jangka waktu yang lama dengan kualitas tetap terjaga, maka pakan buatan harus dikemas dengan rapi dan terisolasi dengan udara bebas, sehingga tidak mudah terkontaminasi.

Bahan yang umum digunakan untuk mengemas pakan buatan antara lain adalah karung plastik anyaman untuk bagian luar sedangkan untuk bagian dilapisi kantong plastik tipis, transparan. Bagian kantong plastik itulah yang membuat pellet/pakan buatan terisolasi dari udara bebas, sedangkan karung plastik anyaman merupakan pelindung agar kantong plastik tidak mudah bocor serta memudahkan dalam pengangkutan. Jenis bahan kemasan yang lainnya adalah dari kertas semen yang dibuat seperti kantong dan biasanya digunakan untuk mengemas pakan yang mempunyai berat antara 5–10 kg. Kantong kertas semen ini merupakan bagian luar dari kantong kemasan, sedangkan pada bagian dalamnya merupakan kantong plastik tipis dan transparan.

Dalam melakukan pengemasan pakan buatan dibutuhkan alat untuk memasukkan pakan langsung ke dalam kantong kemasan dan dilakukan penjahitan pada kantong bagian dalam dan bagian luar. Pada pengemasan skala pabrik semua alat pengemasan sudah terangkai menjadi satu pada saat pakan buatan masuk kedalam kantong kemasan langsung dilakukan penjahitan otomatis pada kemasan tersebut. Tetapi pada beberapa perusahaan kecil proses pengemasan dilakukan secara manual dengan memasukkan pakan buatan kedalam kantong dan ditimbang beratnya secara manual, kemudian dilakukan penjahitan kantong kemasan dengan menggunakan mesin jahit portable untuk plastik kemasan.

Pakan buatan yang dikemas dalam kemasan yang benar akan mempunyai daya simpan yang relatif lebih panjang daripada pakan yang tidak dikemas dengan benar. Dengan tidak adanya udara bebas dalam kantong kemasan maka mikroorganisme perusak pakan buatan tidak dapat tumbuh sehingga pakan buatan yang dikemas dengan prosedur yang benar akan mampu disimpan dalam jangka waktu 90-100 hari.

Jumlah pakan buatan dalam setiap kantong kemasan berbeda mulai dari ukuran 5 kg perkemasan sampai 50 kg perkemasan. Ukuran kemasan 5 kg – 10 kg biasanya digunakan untuk mengemas pakan buatan untuk ikan dalam kelompok larva/benih, sedangkan kemasan 25 kg – 50 kg biasanya digunakan untuk mengemas pakan buatan untuk ikan kelompok grower/pembesaran dan induk ikan.

Penyimpanan pakan

Proses terakhir dari suatu usaha pembuatan pakan adalah penyimpanan. Penyimpanan pakan buatan yang telah dibuat harus dilakukan dengan benar agar pakan yang telah dibuat tidak mengalami kemunduran mutu pakan. Dalam menyimpan pakan buatan ada beberapa faktor yang akan mempengaruhi stabilitas nutrient pakan yang disimpan antara lain adalah :

1. Kadar air pakan yang akan disimpan sebaiknya tidak lebih

dari 10% agar tidak diserang jamur dan serangga.

2. Kelembaban relatif ruangan penyimpanan pakan sebaiknya kurang dari 65%, jika lebih dari 65% akan cepat merangsang pertumbuhan jamur dan serangga.
3. Suhu ruangan penyimpanan pakan yang tinggi akan merusak dan mengurangi ketersediaan nutrient pakan. Suhu ruangan yang ideal untuk menyimpan pakan adalah 20°C.
4. Supply oksigen di dalam ruangan penyimpanan harus mencukupi. Hal ini dapat dilakukan dengan membuat ruangan penyimpanan yang banyak terdapat ventilasi. Dengan adanya ventilasi yang cukup akan terdapat pergantian udara yang cukup didalam ruangan penyimpanan yang akan mengakibatkan rendahnya suhu didalam ruangan.
5. Kadar lemak dalam pakan, pakan buatan pada umumnya mengandung lemak, selama proses penyimpanan lemak yang terdapat didalam pakan jika ruangan tidak memenuhi syarat maka lemak yang terkandung didalam pakan akan mengakibatkan proses peroksidasi lemak terjadi dan pakan akan tengik dan bau busuk.

Berdasarkan beberapa hal tersebut diatas maka dalam melakukan proses penyimpanan pakan buatan ada beberapa prosedur yang harus dilakukan dalam menyimpan pakan buatan dalam bentuk kering yaitu :

1. Ruang penyimpanan pakan harus bersih, kering, aman dan

- memiliki ventilasi yang baik. Sebaiknya ruang penyimpanan pakan berhubungan langsung dengan sinar matahari.
2. Kemasan pada pakan harus terdapat label pakan dan kandungan nutrisi yang terdapat pada pakan serta masa kadaluarsa pakan tertera pada kemasan (tanggal kadaluarsa pakan)
 3. Tumpukan kemasan pakan dalam tempat penyimpanan pakan sebaiknya tidak lebih dari enam tumpukan, dan jarak palet yaitu kayu tempat meletakkan pakan dalam ruang penyimpanan berjarak 12 – 15 cm dari dasar lantai agar tidak terjadi kerusakan pakan yang ada didasar oleh serangga, kutu dan abu serta sirkulasi udara dari bawah cukup baik.
 4. Lama penyimpanan pakan buatan didalam ruang penyimpanan sebaiknya tidak lebih dari tiga bulan. Gunakan pakan yang diproduksi terlebih dahulu baru pakan yang diproduksi selanjutnya (First in-first out)
 5. Jangan berjalan diatas tumpukan pakan, hal ini dapat mengakibatkan rusak dan hancurnya pakan buatan.
1. Pemilihan bahan baku
 2. Penepungan bahan baku (grinding)
 3. Pengayakan bahan baku (screening)
 4. Penimbangan bahan baku (weighing)
 5. Pencampuran bahan baku (mixing)
 6. Pencampuran adonan kering dan basah
 7. Pencetakan (pelleting)
 8. Pengeringan pellet
 9. Pengemasan pellet
 10. Penyimpanan pakan buatan.

Kesepuluh tahapan prosedur pembuatan pakan ini harus dilakukan untuk memperoleh pakan buatan yang sesuai dengan keinginan. Langkah pertama dilakukan pada saat sebelum menyusun formulasi pakan dan pemilihan bahan baku pada saat akan dilakukan proses pembuatan pakan adalah dengan memilih bahan baku yang bermutu agar pakan yang akan dibuat juga menghasilkan bentuk pakan yang sesuai. Bentuk pakan buatan yang akan dibuat mempunyai ukuran sesuai dengan kebutuhan ikan. Para pembudidaya ikan yang akan membuat pakan ikan biasanya menggunakan acuan seperti Tabel 6.2.

Prosedur pembuatan pakan skala menengah atau rumah tangga

Proses pembuatan pakan skala rumah tangga dengan skala menengah tidak jauh berbeda, dimana tahapannya dimulai dari :

Tabel 6.2. Acuan bentuk dan tipe pakan buatan untuk ikan budidaya (Millamena et al, 2000)

| Ukuran ikan (gram) | Tipe pakan | Diameter pakan (mm) | Panjang pakan (mm) |
|--------------------|------------|---------------------|--------------------|
| < 0,35 | Starter | 1,0 | - |
| 2 – 5 | Grower | 2,0 | - |
| 5 – 12 | Grower | 3,0 | 2 – 3 |
| 12 – 20 | Finisher | 5,0 | 3 – 5 |
| 20 – 30 | Finisher | 7,0 | 5 -7 |

Setelah penyusunan bahan baku selesai dibuat langkah selanjutnya adalah melakukan penepungan setiap jenis bahan baku. Bahan baku yang akan digunakan untuk membuat pakan ikan semua harus dalam bentuk tepung dan semuanya harus berukuran sama. Pada skala rumah tangga biasanya para pembudidaya membeli bahan baku dalam bentuk tepung tetapi ukuran tepungnya berbeda. Oleh karena itu harus dilakukan penyaringan semua jenis bahan baku tersebut dengan menggunakan saringan atau ayakan khusus tepung. Hal ini harus dilakukan pada semua bahan baku yang akan digunakan sampai ukuran partikel bahan baku tersebut semuanya sama. Saringan yang digunakan adalah saringan yang mempunyai ukuran khusus tepung.

Bahan baku yang telah menjadi tepung selanjutnya dilakukan penimbangan sesuai dengan formulasi pakan yang telah dibuat sebelumnya dan diletakkan dalam wadah yang terpisah. Kemudian dilakukan pencampuran bahan baku dari mulai bahan baku yang paling sedikit sampai yang terbanyak. Hal

ini dilakukan agar semua bahan baku tersebut tercampur secara homogen. Jika menggunakan alat pencampur mixer maka bahan baku yang dicampur kedalam alat tersebut adalah bahan baku kering, minimal pencampuran dilakukan selama lima menit. Pada proses skala rumah tangga dapat dilakukan pencampuran bahan baku kering dan pencampuran bahan baku basah. Hal ini dilakukan jika bahan baku yang digunakan sebagai perekat misalnya kanji dan untuk meningkatkan tingkat pencernaan kanji tersebut dalam pakan ikan maka kanji tersebut dibuat adonan basah yang terpisah dari bahan baku lainnya. Dengan cara melakukan pemanasan kanji dengan air seperti membuat lem (sebagai acuan dapat digunakan 50 gram kanji dimasak dalam 200 ml air untuk membuat adonan pakan sebanyak 1000 gram) sampai kanji tersebut lengket seperti jelli. Jika menggunakan adonan basah dalam membuat pakan ikan maka harus dilakukan pencampuran antara bahan kering dan bahan basah tersebut sampai benar-benar diperoleh campuran yang homogen. Untuk melihat apakah campuran

tersebut benar-benar tercampur buatlah bentuk adonan tersebut bola-bola dan adonana tersebut sudah tidak lengket ditangan. Setelah dilakukan pencampuran bahan baku secara homogen langkah selanjutnya adalah membuat pakan buatan sesuai dengan bentuk pakan buatan yang ditentukan. Pakan buatan yang akan diberikan kepada ikan air ada berbagai macam bentuk antara lain adalah tepung, remahan dan pellet. Bentuk pellet ada berbagai macam ukuran mulai dari 1 mm sampai 5 mm sesuai dengan peruntukannya.

Proses selanjutnya setelah pakan buatan dicetak adalah melakukan pengeringan terhadap pakan yang telah dicetak. Pakan tersebut kemudian dikeringkan dengan menggunakan alat pengering atau dengan menggunakan sumber panas alami yaitu sinar matahari. Proses pengeringan dengan menggunakan sinar matahari bisa memakan waktu 2-3 hari jika sinar matahari bersinar sepanjang hari. Jika menggunakan alat pengering hanya beberapa jam saja tergantung suhu pemanasan didalam oven sampai kadar air dalam pakan tersebut adalah kurang dari 10%. Hal ini bertujuan agar pakan yang dibuat mempunyai daya simpan lama dan proses pembusukan dihambat karena kadar air dalam bahan pakan sangat rendah.

Setelah pakan buatan dicetak dan dikeringkan langkah selanjutnya adalah melakukan pengemasan dan penyimpanan pakan ikan seperti yang dilakukan pada skala pabrikasi. Jika anda bertujuan untuk menjual produk pakan ikan kepada

masyarakat dan dilakukan sebagai suatu usaha produksi pakan ikan maka pakan ikan yang telah dibuat harus dilakukan uji coba terhadap pakan yang telah dibuat tersebut. Uji coba pakan yang telah dibuat sebelum digunakan oleh ikan yang akan mengkonsumsi pakan tersebut adalah uji secara kimia, uji secara fisik dan uji secara biologis. Pengujian tersebut sebaiknya dilakukan untuk mendapatkan validitas data uji coba terhadap pakan buatan yang akan digunakan. Oleh karena itu kita akan membahas dalam subbab selanjutnya tentang uji coba pakan ikan.

6.4. UJI COBA PAKAN IKAN

Pakan ikan yang akan digunakan oleh ikan budidaya harus dilakukan ujicoba terhadap pakan tersebut. Hal ini dilakukan agar pakan yang akan digunakan tersebut memberikan hasil yang optimal sesuai dengan standar produk pakan ikan. Uji coba terhadap pakan ikan dapat dikelompokkan menjadi tiga yaitu :

1. Uji pakan secara kimia
2. Uji pakan secara fisik
3. Uji pakan secara biologi

6.4.1 Uji Pakan secara Kimia

Uji pakan ikan secara kimia dapat dilakukan jika memiliki peralatan analisa proximat yang lengkap. Pada uji secara kimia bertujuan untuk mengetahui kandungan gizi pada pakan buatan yang telah dibuat

pakan sesuai dengan formulasi pakan yang disusun. Uji coba ini sangat berguna bagi konsumen dan juga sebagai pengawasan mutu pakan yang diproduksi. Uji pakan secara kimia meliputi :

1. Uji kadar air, kadar air yang baik untuk pellet/pakan buatan adalah kurang dari 12%. Hal ini sangat penting karena pakan buatan tidak langsung dikonsumsi oleh ikan setelah diproduksi tetapi disimpan beberapa saat. Prinsip

pengujian kadar air dilaboratorium adalah bahan makanan (pellet) dipanaskan pada suhu 105 – 110°C, dengan pemanasan tersebut maka air akan menguap. Peralatan yang digunakan untuk melakukan uji kadar air adalah oven dan peralatan gelas. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 6.8.



Gambar 6.8. Alat pengukur kadar air

2. Uji kadar protein, kadar protein pellet yang dibuat harus benar-benar disesuaikan dengan ukuran ikan dan jenis ikan yang akan mengkonsumsi pakan tersebut. Prinsip pengujian kadar protein di laboratorium adalah dengan menggunakan cara Kjeldahl yaitu menentukan kadar protein secara tidak langsung.

Cara ini adalah dengan menentukan kadarN-nya kemudian mengalikan dengan protein 6,25. Peralatan yang digunakan untuk mengukur kadar protein pakan ikan dengan peralatan semi mikrokjeldahl . Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 6.9.



Gambar 6.9. Peralatan pengukuran kadar protein

3. Uji kadar lemak, kadar lemak dalam pakan buatan menurut hasil penelitian sebaiknya kurang dari 8%. Hal ini dikarenakan jika kadar lemak dalam pakan tinggi akan mempercepat proses ketengikan pakan buatan. Prinsip

pengujian kadar lemak adalah bahan makanan akan larut di dalam petroleum eter disebut lemak kasar. Uji ini menggunakan alat yang disebut Soxhlet. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 6.10.



Gambar 6.10. Peralatan pengukuran kadar lemak

4. Kadar Serat kasar, kadar serat kasar dalam pakan buatan menurut hasil penelitian sebaiknya adalah kurang dari 7%. Serat kasar ini diperlukan untuk menambah baik struktur pellet. Kandungan serat kasar yang terlalu tinggi pada pakan buatan akan mempengaruhi data cerna dan penyerapan didalam alat pencernaan ikan. Prinsip

pengujian kadar serat kasar adalah menentukan zat organik yang tidak larut dalam asam kuat dan basa kuat dan disertai pemanasan. Peralatan yang digunakan untuk melakukan pengukuran kadar serat kasar adalah peralatan soxlet ditambah dengan peralatan lainnya. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 6.11.



Gambar 6.11. Peralatan pengukuran kadar serat kasar

5. Kadar abu, kadar abu dalam pakan buatan sebaiknya kurang dari 12%. Kadar abu ini merupakan bahan anorganik, jika kadar abu tinggi dalam pakan buatan berarti pakan buatan tersebut tidak akan memberikan pertumbuhan yang baik untuk ikan. Prinsip pengujian kadar abu ini adalah bahan makanan

dilakukan pemanasan didalam tanur listrik yang bersuhu 600°C. Pada suhu tersebut semua bahan organik akan menguap dan yang tertinggal hanya bahan anorganik yaitu abu. Peralatan untuk melakukan pengukuran kadar abu dilakukan dengan menggunakan tanur listrik. Untuk

lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 6.12.



Gambar 6.12.
Peralatan pengukuran kadar abu.

Adapun prosedur yang dapat dilakukan dalam melakukan uji coba secara kimia yang disebut dengan melakukan uji analisa proksimat dapat menggunakan beberapa metode. Dibawah ini akan diuraikan beberapa metode yang dapat dilakukan dalam melakukan pengukuran beberapa parameter uji kimia pakan ikan. Adapun prosedur yang harus dilakukan adalah sebagai berikut :

Pengukuran Kadar Air

Pengukuran kadar air pakan ikan atau bahan baku yang akan digunakan untuk membuat pakan ikan dapat dilakukan dengan cara pemanasan yang biasa disebut dengan Metode Gravimetri.

Prinsip : Air akan menguap seluruhnya jika bahan makanan dipanaskan pada suhu 105–110 °C.

Peralatan :

- Botol timbang bertutup/cawan
- Dessiccator/Eksikator
- Oven
- Neraca analitik

Langkah Kerja 1 :

1. Cawan dipanaskan dalam oven pada suhu 105 – 110° C selama 1jam, dinginkan dalam eksikator selama 10 menit dan ditimbang (x_1).
2. Timbang bahan/ccontoh yang telah dihaluskan sebanyak 2 – 3 gram (a) lalu dimasukkan kedalam cawan X_1 .
3. Cawan dan bahan dipanaskan dalam oven selama 4 – 6 jam pada suhu 105 – 110° C, dinginkan dalam eksikator kemudian timbang, lakukan pemanasan kembali dalam oven selama 30 menit, dinginkan dalam eksikator dan timbang, lakukan hal tersebut sampai tercapai berat yang konstan (selisih penimbangan berturut-turut kurang dari 0,02 gram).
4. Hitunglah persentase kadar air bahan yang dapat diperoleh dengan rumus sebagai berikut :

$$\text{Kadar air (\%)} = \frac{(X_1 + a) - X_2}{a} \times 100\%$$

Prosedur pengukuran kadar air dapat dilakukan berdasarkan prosedur Standar Nasional Indonesia (SNI), dengan menggunakan pengukuran dengan SNI yang merupakan suatu standar dalam melakukan

pengukuran yang telah diakreditasi secara internasional yang disebut dengan ISO 17025 mengenai Internasional Standar Operational untuk kegiatan laboratorium. Oleh karena itu bagi para penguji yang laboratoriumnya telah mendapatkan sertifikat ini akan menggunakan prosedur pengujian dengan prosedur SNI.

Langkah Kerja SNI :

1. Timbang dengan seksama 1-2 g cuplikan pada sebuah botol timbang bertutup yang sudah diketahui bobotnya (W_1).
2. Keringkan pada oven suhu 105°C selama 3 jam
3. Dinginkan dalam eksikator
4. Timbang (W), ulangi pekerjaan ini hingga diperoleh bobot tetap

Perhitungan :

$$\text{Kadar air} = \frac{W}{W_1} \times 100\%$$

Pengukuran Kadar Abu

Pengukuran kadar abu pakan ikan atau bahan baku yang akan digunakan untuk membuat pakan ikan dapat dilakukan dengan cara pemanasan yang biasa disebut dengan Metode Gravimetri.

Prinsip : Bahan makanan jika dilakukan pemanasan didalam tanur listrik yang bersuhu 600°C , maka zat-zat organik akan diuraikan menjadi air dan CO_2 yang tertinggal hanya bahan anorganik yaitu abu.

Peralatan :

- Cawan porselen
- Tanur listrik
- Neraca analitik
- Dessicator/eksikator

Langkah Kerja 1 :

1. Cawan dipanaskan dalam oven pada suhu $105 - 110^{\circ}\text{C}$ selama 1jam, dinginkan dalam eksikator selama 10 menit dan ditimbang (X_1).
2. Timbang bahan/ccontoh yang kering sebanyak 2 – 3 gram (a) lalu masukkan ke dalam cawan X_1 .
3. Masukkan cawan dan bahan kedalam oven pengabuan/tanur dengan cara dipanaskan dengan suhu $550 - 600^{\circ}\text{C}$ sampai menjadi abu dan berwarna putih (selama 3 – 6 jam).
4. Dinginkan dalam eksikator selama 15 menit dan timbang cawan dan abu tersebut (X_2).
5. Hitunglah persentase kadar abu bahan yang dapat diperoleh dengan rumus sebagai berikut :

$$\text{Kadar Abu (\%)} = \frac{X_2 - X_1}{a} \times 100\%$$

Langkah kerja SNI :

1. Timbang dengan seksama 2-3 g contoh kedalam cawan porselen yang telah diketahui bobotnya
2. Arangkan di atas nyala pembakar, lalu abukan dalam tanur listrik pada suhu maksimum 550°C sampai pengabuan sempurna (sekali-kali pintu tanur dibuka sedikit, agar oksigen bisa masuk)

3. Dinginkan dalam eksikator, lalu timbang sampai bobot tetap

Perhitungan :

$$\text{Kadar abu} = \frac{W1 - W2}{W} \times 100\%$$

W : Bobot contoh sebelum diabukan dalam gram

W1 : Bobot contoh + cawan sesudah diabukan dalam gram

W2 : Bobot cawan kosong dalam gram

Pengukuran Kadar Lemak

Pengukuran kadar lemak pakan ikan atau bahan baku yang akan digunakan untuk membuat pakan ikan dapat dilakukan dengan menggunakan metode Soxhlet dan metode Weibull. Metode soxlet digunakan jika bahan baku pakan atau pakan ikan mengandung kadar lemak yang relatif tidak terlalu banyak, dan jika kadar lemak dalam bahan pakan atau pakan ikan cukup banyak maka bahan pakan dan pakan itu harus dilakukan hidrolisis terlebih dahulu dan metode yang digunakan adalah metode weibull.

Prinsip : Bahan makanan yang larut di dalam petroleum eter, atau ekstraksi lemak bebas dengan pelarut non polar

Peralatan :

- Kertas saring
- Labu lemak
- Alat soxhlet
- Pemanas listrik
- Oven

- Neraca analitik
- Kapas bebas lemak
- Pereaksi : hexane atau pelarut lemak lainnya

Langkah kerja 1 :

1. Panaskan cawan labu dalam oven pada suhu 105–110° C selama satu jam, dinginkan dalam eksikator selama 10 menit dan timbang (X_1).
2. Timbang bahan/contoh sebanyak 2 – 5 gram (bahan sebaiknya dalam bentuk halus dan kering), dan dibungkus dengan kertas saring/kertas filter dalam bentuk silinder (a).
3. Masukkan selongsong kertas filter kedalam tabung ekstraksi dan diberi pemberat serta dihubungkan dengan kondensor/pendingin .
4. Pasanglah tabung ekstraksi pada alat destilasi Soxhlet dengan pelarut petroleum ether/petroleum benzena/hexana sebanyak 150 ml yang dimasukkan kedalam soxhlet sampai kertas saring tersebut terendam dan sisa larutan dimasukkan kedalam labu.
5. Panaskan cawan labu yang dihubungkan dengan soxhlet di atas water bath sampai cairan dalam soxhlet terlihat bening. Pemanasan ini berlangsung selama 2 – 4 jam, apabila setelah 4 jam ekstraksi belum sempurna pemanasan dapat dilanjutkan selama 2 jam lagi.
6. Lepaskan labu dari soxhlet dan tetap dipanaskan di atas water bath untuk menguapkan semua petroleum ether dari cawan labu.

7. Cawan labu dipanaskan dalam oven pada suhu 105 – 110 °C selama 15 –60 menit, kemudian didinginkan dalam eksikator selama 10 menit dan ditimbang. Ulangi prosedur ini sampai diperoleh berat yang stabil (X_2).
8. Hitunglah persentase kadar lemak bahan/ccontoh dengan persamaan sebagai berikut ;

$$\text{Kadar Lemak (\%)} = \frac{X_2 - X_1}{a} \times 100\%$$

Langkah kerja SNI :

1. Timbang seksama 1-2 g contoh, masukkan kedalam selongsong kertas yang dialasi dengan kapas
2. Sumbat selongsong kertas berisi contoh tersebut dengan kapas, keringkan dalam oven pada suhu tidak lebih dari 80 °C selama lebih kurang satu jam, kemudian masukkan ke dalam alat soxhlet yang telah dihubungkan dengan labu lemak berisi batu didih yang telah dikeringkan dan telah diketahui bobotnya
3. ekstrak dengan heksana atau pelarut lemak lainnya selama lebih kurang 6 jam
4. Sulingkan heksana dan keringkan ekstrak lemak dalam oven pengering pada suhu 105°C
5. Dinginkan dan timbang
6. Ulangi pengeringan ini hingga tercapai bobot tetap

Perhitungan :

$$\% \text{ Lemak} = \frac{W - W1}{W2} \times 100\%$$

- W : bobot contoh dalam gram
 W1 : bobot lemak sebelum ekstraksi dalam gram
 W2 : bobot labu lemak sesudah ekstraksi

Pengukuran Kadar Lemak dengan Metode Weibull

Prinsip : ekstraksi lemak dengan pelarut non polar setelah contoh dihidrolisis dalam suasana asam untuk membebaskan lemak yang terikat.

Peralatan :

- Kertas saring
- Kertas saring pembungkus (Thimble)
- Labu lemak
- Alat Soxhlet
- Neraca Analitik
- Pereaksi : larutan HCl 25%, kertas lakmus, n-Heksana atau pelarut lemak lainnya

Langkah kerja SNI ;

1. Timbang seksama 1-2 g cuplikan ke dalam gelas piala
2. Tambah 30 ml HCl 25% dan 20 ml air serta beberapa butir batu didih
3. Tutup gelas dengan kaca arloji dan didihkan selama 15 menit
4. Saring dengan keadaan panas dan cuci dengan air panas hingga tidak bereaksi asam lagi
5. Keringkan kertas saring berikut isinya pada suhu 100 – 105 °C.
6. Masukkan ke dalam kertas saring pembungkus (paper thimble) dan ekstrak dengan heksana atau

- pelarut lemak lainnya 2 – 3 jam pada suhu lebih kurang 80 °C.
- Sulingkan larutan heksana atau pelarut lemak lainnya dan keringkan ekstrak lemak pada suhu 100 – 105 °C.
 - Dinginkan dan timbang
 - Ulangi proses pengeringan ini hingga tercapai bobot tetap

Perhitungan :

$$\text{Kadar lemak} = \frac{W1 - W2}{W} \times 100\%$$

- W : bobot cuplikan dalam gram
 W1 : bobot labu lemak sesudah ekstraksi dalam gram
 W2 : bobot labu lemak sebelum ekstraksi dalam gram

Pengukuran Kadar Protein dengan Metode Kjeldahl

Prinsip :

Menentukan kadar protein secara tidak langsung, dengan cara menentukan kadar N nya kemudian dikalikan dengan faktor protein 6,25. Senyawa nitrogen diubah menjadi amonium sulfat oleh H₂SO₄ pekat. Amonium Sulfat yang terbentuk diuraikan dengan NaOH, amoniak yang dibebaskan diikat dengan asam borat dan kemudian dititar dengan larutan baku asam.

Peralatan :

- Labu kjeldahl

- Alat penyulingan dan kelengkapannya
- Pemanas listrik/pembakar
- Neraca analitik

Tahap Oksidasi, langkah kerjanya ;

- Masukkan 0,5 – 1 gram bahan/ccontoh (a), 3 gram katalis (K₂SO₄ + CuSO₄) dan 10 ml H₂SO₄ kedalam tabung Kjeldahl.
- Tabung dipanaskan hingga larutan di dalam tabung berubah warna menjadi hijau bening, kemudian di dinginkan.
- Encerkan dengan akuades sampai larutan menjadi 100 ml.

Tahap Destruksi, langkah kerjanya:

- Masukkan 5 ml larutan hasil oksidasike dalam cawan labu kjeldahl.
- Tambahkan NaOH 0,05 N sebanyak 10 ml.
- Siapkan Erlenmeyer, masukkan H₂SO₄ 0,05 N sebanyak 10 ml dan tambahkan 2 – 3 tetes larutan indikator (metyl red/methylen blue), kemudian didestruksi selam 10 menit.

Tahap Titration

- Hasil destruksi dititrasi dengan NaOH 0,05 N
- Volume titran yang digunakan dicatat.
- Lakukan prosedur yang sama pada blanko.

Perhitungan kadar protein diperoleh dari persamaan sebagai berikut :

$$\text{Kadar Protein (\%)} = \frac{0,0007 \times 6,25 \times 20 \times (\text{titran blanko-titran sampel})}{a} \times 100\%$$

Pengukuran Kadar Protein Metode Gunning

Langkah kerja :

1. Timbang bahan sebanyak 2 – 5 gram yang telah ditumbuk halus dan masukkan kedalam labu kjeldahl, tambahkan 10 gram K_2S atau Na_2SO_4 anhidrat dan 15 – 25 ml H_2SO_4 pekat, kalau destruksi sukar dilakukan perlu ditambah katalis $CuSO_4$ sebanyak 6 gram dan digoyang.
2. Kemudian dipanaskan pada pemanas listrik atau api bunsen dalam almari asanm, mula-mula dengan api kecil dan setelah asap hilang api dibesarkan, pemanasan diakhiri setelah cairan menjadi jernih tidak berwarna.
3. Lakukan langkah 1 dan 2 untuk perlakuan blanko.
4. Setelah labu kjeldahl beserta cairannya menjadi dingin, tambahkan 200 ml aquades dan 75 ml larutan NaOH 40-45% sampai larutan menjadi basa, pasanglah labu kjeldahl dengan segera pada alat destilasi.
5. Panaskan labu kjeldahl sampai amonia menguap semua, destilat ditampung dalam erlenmeyer yang berisi 100 ml HCl 0,1 N yang sudah diberi indikator phenolphthalein 1% 2 – 5 tetes. Destilasi diakhiri setelah volume destilat 150 ml atau setelah destilat yang keluar tidak bersifat basa.
6. Kelebihan HCl 0,1 N dalam destilat dititrasi dengan larutan basa standar (larutan NaOH 0,1 N) samapi larutan berwarna pink, catat volume titran.
7. Hitunglah kadar protein bahan dengan persamaan sebagai berikut :

$$\text{Kadar Nitrogen (\%)} = \frac{(\text{ml NaOH blanko} - \text{ml NaOH contoh})}{\text{Gram contoh} \times 10} \times N \text{ NaOH} \times 14,008$$

$$\text{Kadar Protein (\%)} = \text{Kadar Nitrogen} \times \text{faktor konversi}$$

Pengukuran Kadar Protein Metode SNI

Pereaksi :

1. Campuran selen, campuran 2,5 gr serbuk SeO_2 , 100 gr K_2SO_4 dan 20 gr $CuSO_4 \cdot 5 H_2O$.
2. Indikator campuran, siapkan larutan bromcresol green 0,1 % dan larutan merah metil 0,1 % dalam alkohol 95 % secara terpisah. Campur 10 ml bromcresol green dengan 2 ml merah metil.
3. Larutan asam borat H_3BO_3 2 %, larutkan 10 gr H_3BO_3 dalam 500 ml air suling. Setelah dingin pindahkan kedalam botol bertutup gelas. Campur 500 ml asam borat dengan 5 ml indikator.
4. Larutan asam klorida, HCL 0,01 N

- Larutan Natrium Hidroksida NaOH 30%, larutkan 150 gram Natrium Hidroksida kedalam 350 ml air, simpan dalam botol bertutup karet.
- Biarkan dingin, kemudian encerkan dan masukkan kedalam labu ukur 100 ml, tepatkan sampai tanda garis

Langkah kerja :

- Timbang seksama 0,51 g cuplikan, masukkan ke dalam labu Kjeldahl 100 ml
- tambahkan 2 g campuran selen dan 25 ml H₂SO₄ pekat.
- Panaskan diatas pemanas listrik atau api pembakar sampai mendidih dan larutan menjadi jernih kehijau-hijauan (sekitar 2 jam)
- Pipet 5 ml larutan dan masukkan kedalam alat penyuling, tambahkan 5 ml NaOH 30% dan beberapa tetes indikator PP,
- Sulingkan selama lebih kurang 10 menit, sebagai penampung gunakan 10 ml larutan asam borat 2% yang telah dicampur indikator
- Titar dengan larutan HCL 0,01 N
- Kerjakan penetapan blanko

Perhitungan :

$$\text{Kadar Protein} = \frac{(V1-V2) \times N \times 0,014 \times f.k \times fp}{W}$$

W : bobot cuplikan

V1 : volume HCL 0,01 N yang dipergunakan penitaran contoh

V2 : volume HCL yang dipergunakan penitaran blanko

N : normalitas HCL

Fk : faktor konversi untuk protein 6,25

fp : faktor pengenceran

Peralatan :

- Neraca analitik
- Pendingin
- Corong Buchner
- Pompa vakum

Pereaksi :

- Asam sulfat H₂SO₄ 1,25%
- Natrium Hidroksida, NaOH 3,25%
- Etanol 96%
- Kertas saring Whatman 54, 541 atau 41

Pengukuran Kadar Serat Kasar dengan Metode Pencucian asam dan basa kuat

Prinsip : Menentukan zat organik yang tidak larut dalam asam kuat dan basa kuat dan disertai dengan pemanasan.

Langkah kerja SNI :

- Timbang seksama 2 – 4 g cuplikan
Bebaskan lemaknya dengan cara ekstraksi dengan cara

SOXlet atau dengan cara mengaduk, mengencap tuangkan contoh dalam pelarut organik sebanyak 3 kali. Keringkan contoh dan masuk-kan ke dalam erlemeyer 500 ml.

2. Tambahkan 50 ml larutan H₂SO₄ 1,25%, kemudian didihkan selama 30 menit dengan menggunakan pendingin tegak
3. Tambahkan 50 ml NaOH 3,25% dan didihkan lagi selama 30 menit
4. Dalam keadaan panas, saring dengan corong Buchner yang berisi kertas saring tak berabu Whatman 54, 41 atau 541 yang telah dikeringkan dan diketahui bobotnya.
5. Cuci endapan yang terdapat pada kertas saring berturut-turut dengan H₂SO₄ 1,25% panas, air panas dan etanol 96%.
6. Angkat kertas saring beserta isinya, masukkan kedalam kotak timbang yang telah diketahui bobotnya, keringkan pada suhu 105° C dinginkan dan timbang sampai bobot tetap.
7. bila ternyata kadar serat kasar lebih besar 1% abukan kertas saring beserta isinya, timbang sampai bobot tetap

Perhitungan :

- a. Serat kasar < 1%,

$$\% \text{ Serat kasar} = \frac{w}{w_1} \times 100\%$$
- b. serat kasar > 1%

$$\% \text{ Serat kasar} = \frac{w - w_1}{w_1} \times 100\%$$

w₂

- w : bobot cuplikan dalam gram
 w₁ : bobot abu dalam gram
 w₂ : bobot endapan pada kertas saring dalam gram

Langkah kerja 2 :

1. Timbang bahan sebanyak 0,5–2 gram (a) lalu masukkan kedalam erlenmeyer, kemudian tambahkan 50 ml H₂SO₄ 0,3 N dan di panaskan diatas hot plate selama 30 menit.
2. Tambahkan 25 ml NaOH 1,5 N kemudian panaskan kembali selama 30 menit.
3. Panaskan kertas saring di dalam oven selama 1 jam pada suhu 110 °C
 Dan dinginkan dalam eksikator lalu ditimbang (X₁). Pasang kertas saring pada corong buchner yang dihubungkan dengan vacuum pump.
 Panaskan juga cawan porselen pada suhu 110 °C selama satu jam dan dinginkan didalam eksikator.
4. Larutan yang telah dipanaskan dituang ke dalam corong buchner. Lakukan pembilasan berturut-turut menggunakan 50 ml air panas, 50 ml H₂SO₄ 0,3 N, 50 ml air panas dan 25 ml acetone.
5. Masukkan kertas saring dari corong buchner kedalam cawan, panaskan pada suhu 105–110 °C selama 0,5–1 jam, dinginkan dalam eksikator dan timbang (X₂).
6. Panaskan cawan dalam tanur listrik bersuhu 600 °C selama 2

jam hingga bahan di dalam cawan berwarna putih, didinginkan dan timbang (X_3).

7. Hitunglah kadar serat kasar bahan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$\text{Serat Kasar (\%)} = \frac{X_2 - X_3 - X_1}{a} \times 100\%$$

Langkah Kerja 3 :

1. Timbang bahan sebanyak 2 – 5 gram
2. Masukkan kedalam erlemeyer 600 ml, tambahkan larutan H_2SO_4 0,255 N sebanyak 200 ml dan batu didih, panaskan selama 30 menit dengan dilakukan penggoyangan sesekali.
3. Saring suspensi dengan kertas saring dan residu yang tertinggal dalam erlemeyer dicuci dengan aquades mendidih, cucilah residu dalam kertas saring sampai air cucian tidak bersifat asam lagi (uji dengan kertas lakmus,

sampai berwarna biru tidak berubah).

4. Pindahkan secara kuantitatif residu dari kertas saring kedalam erlemeyer kembali dengan spatula, dan sisanya dicuci dengan larutan NaOH 0,313 N sebanyak 200 ml sampai semua residu masuk kedalam erlemeyer. Didihkan dengan pendingin balik sambil kadang kala digoyang-goyangkan selama 30 menit.
5. Saring menggunakan kertas saring yang telah diketahui beratnya, sambil dicuci dengan larutan K_2SO_4 10%, cuci lagi residu dengan aquades mendidih dan kemudian dengan lebih kurang 15 ml alkohol 95%.
6. Keringkan kertas saring dan isinya pada oven dengan suhu $110^\circ C$ sampai berat konstan selama 1 – 2 jam, dinginkan dalam eksikator dan timbang
7. Hitunglah kadar serat kasar dengan persamaan sebagai berikut :

$$\text{Kadar Serat Kasar(\%)} = \frac{(\text{Berat kertas saring +serat}) - \text{Berat kertas saring}}{\text{Berat Sampel}} \times 100\%$$

6.4.2. Uji Pakan secara Fisik

Uji coba yang kedua adalah uji coba pakan secara fisik. Uji coba pakan secara fisik bertujuan untuk mengetahui stabilitas pellet didalam air (*Water Stability Feed*) yaitu daya tahan pakan buatan didalam air. Selain itu uji fisik dapat dilakukan dengan melihat kehalusan dan kekerasan bahan baku pakan yang akan sangat berpengaruh terhadap

kekompakan pakan didalam air. Hal ini dapat dideteksi dengan daya tahan pakan buatan didalam air. Dengan mengetahui daya tahan pakan buatan didalam air akan sangat membantu para praktisi perikanan dalam memberikan pakan, berapa lama waktu yang dibutuhkan oleh ikan untuk mengejar pakan dikaitkan dengan lama waktu pakan itu bertahan didalam air sebelum dimakan oleh ikan.

Oleh karena itu dalam membuat pakan buatan, bahan baku yang digunakan harus dalam bentuk tepung, dengan semakin halusya bahan baku yang digunakan maka bentuk fisik akan semakin baik, dan seluruh bahan baku akan tercampur secara sempurna. Hal ini akan menghasilkan dampak terhadap pakan buatan yang dibentuk menjadi lebih kompak dan stabil. Dengan pakan buatan yang kompak dan stabil maka pakan buatan akan mudah dicerna oleh ikan. Pakan buatan yang mudah dicerna oleh ikan akan mengakibatkan efisiensi pakan yang sangat baik dan sangat menguntungkan pemakai/petani ikan. Adapun pengukuran pakan secara fisik dapat dilakukan sebagai berikut :

Pengukuran *Water Stability*

Daya tahan pakan ikan didalam air harus diperhatikan karena hal ini sangat diperlukan bagi pakan yang akan dikonsumsi oleh ikan. Ikan yang hidup didasar perairan membutuhkan pakan yang lebih tahan lama didalam air dibandingkan pakan ikan yang akan dibuat untuk ikan yang hidup dipermukaan atau ditengah perairan. Semakin lama pakan terendam dalam air dan tidak cepat hancur maka ikan dapat dengan mudah memakan pakan buatan tersebut. Oleh karena itu *water stability* dari pakan ikan ini sangat bergantung pada peruntukkan pakan tersebut. *Water stability* pakan menurut Millamena *et al* (2000) dapat dilakukan

pengukuran dengan prosedur sebagai berikut :

1. Masukkan keranjang kawat ke dalam oven untuk dikeringkan pada suhu 100 °C selama 1 – 3 jam. Kemudian simpan di dalam desikator dan timbanglah keranjang tersebut sampai diperoleh berat yang konstant.
2. Masukkan sebanyak 5 gram pakan yang telah diketahui kadar airnya kedalam keranjang kawat tersebut.
3. Masukkan keranjang kawat yang telah berisi pakan kedalam air pada kondisi perairan yang dibuat sama dengan kondisi pakan ikan tersebut akan diberikan dan dibuat eksperimen penelitian dengan desain waktu selama 2, 4, 6 dan 8 jam.
4. Lakukan pengeringan keranjang basket yang telah direndam dalam air kedalam oven, kemudian simpan dalam desikator dan timbang beratnya sampai diperoleh berat yang konstan.
5. Persentase berat kering yang hilang dihitung setelah dikurangi dengan berat keranjang.
6. Nilai *water stability* dalam persen dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\% \text{ Water stability} = \frac{F_o}{I_o} \times 100$$

Dimana :

I_o : adalah berat awal pakan kering

F_o : adalah berat akhir pakan kering

Sebagai contoh dalam pengukuran *water stability* adalah sebagai berikut:

Misalnya, berat pakan adalah 5,26 gram, berat kering pakan adalah 95% maka berat kering pakan adalah berat pakan X % berat kering dibagi 100.

$$\text{Berat kering pakan} = \text{berat pakan} \times \frac{\% \text{ berat kering}}{100}$$

$$\begin{aligned} \text{Maka } I_o &= 5,26 \text{ gram} \times \frac{95}{100} \\ I_o &= 5,0 \text{ gram} \end{aligned}$$

Dari hasil perlakuan pencelupan tadi diperoleh data sebagai berikut :

Berat pakan dan keranjang = 12,5 gram

Berat keranjang kosong = 8,0 gram

Maka berat akhir pakan kering adalah berat keranjang dan pakan dikurangi dengan berat keranjang yaitu :

$$\begin{aligned} F_o &= 12,5 \text{ gram} - 8,0 \text{ gram} \\ F_o &= 4,5 \text{ gram} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \% \text{ Water Stability} &= \frac{F_o}{I_o} \times 100 \\ &= \frac{4,5}{5,0} \times 100 \\ &= 90\% \end{aligned}$$

Pengukuran *water stability* yang paling mudah dilakukan dengan menghitung lama waktu yang dibutuhkan oleh pakan tersebut sampai hancur di dalam wadah

budidaya. Biasanya pakan untuk udang sebagai organisme air yang hidup di dasar perairan maka pakan yang direndam di dalam air minimal membutuhkan waktu selama 30 menit, sedangkan untuk ikan yang hidup dipermukaan air lebih cepat menangkap pakan sehingga waktu yang dibutuhkan sampai pakan hancur lebih cepat. Daya tahan pakan di dalam air ini sangat bergantung pada jumlah bahan baku yang digunakan sebagai perekat (*binder*) dan prosesing pembuatan pakan.

Langkah kerja dalam uji *water stability* yang praktis adalah sebagai berikut :

1. Menyiapkan alat dan bahan yang akan digunakan sebelum melakukan uji fisik pakan (wadah budidaya, pakan ikan yang dibuat, aerator, stop watch, air).
2. Mengisi wadah uji dengan air dengan ketinggian minimal 50 cm.
3. Memasukkan selang aerasi kedalam wadah uji.
4. Memasang aerator dengan kuat sehingga air didalam wadah uji

- bergerak dan menimbulkan gelombang.
5. Memasukkan pakan buatan kedalam wadah uji dan catat waktu pertama pakan buatan dimasukkan kedalam wadah uji.
 6. Memperhatikan kekompakan pakan buatan didalam wadah uji dan catat waktu pakan tersebut mulai mengembang serta catat pula waktu pakan tersebut mulai hancur.
 7. Pakan yang baik akan stabil didalam air selama 30 menit untuk pakan udang sedangkan untuk pakan ikan biasanya kurang dari tiga puluh menit.
1. Menyiapkan alat dan bahan yang akan digunakan sebelum melakukan uji fisik pakan.
 2. Mengisi wadah uji dengan air dengan ketinggian minimal 50 cm.
 3. Memasukkan selang aerasi kedalam wadah uji.
 4. Memasang aerator dengan kuat sehingga air didalam wadah uji bergerak dan menimbulkan gelombang dan masukkan ikan kedalam wadah tersebut.
 5. Memasukkan pakan buatan kedalam wadah uji dan perhatikan tingkah laku ikan dalam menangkap pakan dan perhatikan juga berapa lama waktu yang dibutuhkan oleh ikan untuk mengkonsumsi pakan tersebut.
 6. Melakukan uji fisik yang kedua yaitu bau pakan buatan dengan cara mencium pakan buatan yang telah dibuat dibandingkan dengan pakan buatan pabrik yang sudah biasa digunakan untuk pakan ikan.
 7. Membandingkan hasilnya secara organoleptik dan juga amati daya terima ikan terhadap pakan buatan yang dibuat dengan cara mengamati respon ikan terhadap pakan buatan dan bandingkan pula respon ikan terhadap pakan pabrik.
 8. Mencatat hasil perbandingan tersebut .

Pengujian bau pakan (attractant)

Pakan ikan yang sudah dibuat harus mempunyai bau yng khas sesuai dengan keinginan ikan sehingga ikan yang mencium bau pakan ikan tersebut tertarik untuk mengkonsumsi pakan atau biasa disebut dengan daya terima ikan terhadap pakan ikan yang dibuat (*pallatabilitas*). Pakan ikan yang mempunyai bau yang enak akan menarik minat ikan untuk segera memakan pakan ikan tersebut. Oleh karena itu jika anda membuat pakan ikan ini harus dilakukan uji fisik tentang bau pakan tersebut apakah sudah dapat diterima oleh ikan. Adapun langkah kerja yang dapat dilakukan untuk mengetahui bau pakan dan daya terima ikan terhadap pakan dapat dilakukan dengan prosedur sebagai berikut :

Langkah kerja :

Pengujian tingkat kehalusan pakan

Pakan ikan yang dibuat biasanya tidak akan langsung dijual kepada konsumen, tetapi akan disimpan terlebih dahulu dalam ruang

penyimpanan pakan. Dalam ruang penyimpanan pakan, pakan ikan ini biasanya disimpan dalam tumpukan pakan yang berjumlah 6 karung dengan berat setiap karung adalah 50 kilogram maka jumlah beban pakan selama penyimpanan adalah 300 kilogram. Bagaimana anda membuat pakan yang tidak mudah hancur dengan beban berat selama penyimpanan. Hal ini sangat ditentukan pada saat pemilihan bahan baku dimana bahan baku yang digunakan untuk membuat pakan ikan harus dari bahan yang benar halus dalam bentuk tepung. Semakin halus ukuran tepung maka kekompakan pakan dalam komposisi pakan semakin bagus. Oleh karena itu untuk mengetahui tingkat kehalusan pakan dapat dilakukan uji coba secara fisik ini dengan cara sebagai berikut :

Langkah kerja :

1. Menyiapkan alat dan bahan yang akan digunakan sebelum melakukan uji fisik pakan.
2. Meletakkan pakan pada ruang penyimpanan pakan diatas kayu dengan jarak antara lantai dengan kayu sebaiknya 3 – 4 inci (1 inci = 2,54 cm) sebanyak enam tumpukan jika berat pakan perkarung adalah 50 kg.
3. Memasukkan tumpukan pakan buatan kedalam ruang uji sebanyak 350 kg dan catat waktu pertama pakan buatan dimasukkan kedalam ruang penyimpanan.
4. Perhatikan kekompakan pakan buatan didalam ruang penyimpanan dan perhatikan apakah pakan yang terdapat

pada bagian bawah terjadi kehancuran atau tidak.

5. Pakan yang baik tidak akan hancur jika dilakukan penumpukan pakan dalam ruang penyimpanan. Hal ini harus dilakukan karena pakan ikan yang dibuat akan disimpan maksimal tiga bulan setelah proses pembuatan pakan.

6.4.3. Uji Pakan secara Biologis

Uji coba pakan yang ketiga adalah uji pakan secara biologis. Dalam uji coba pakan secara biologis dilakukan untuk mengetahui beberapa parameter biologis yang sangat diperlukan untuk menilai apakah pakan ikan yang dibuat dapat memberikan dampak terhadap ikan yang mengkonsumsinya. Oleh karena itu dalam uji biologis harus dilakukan pengujian terhadap pakan yang dibuat dengan cara memelihara ikan dengan diberikan pakan uji tersebut. Beberapa parameter biologis tersebut antara lain adalah nilai konversi pakan dan efisiensi pakan. Nilai konversi pakan dan efisiensi pakan ini dapat diketahui dengan melakukan pemberian pakan selama periode waktu tertentu sehingga bisa dihitung nilainya dengan menggunakan rumus yang sudah berlaku. Semakin kecil nilai konversi pakan maka semakin baik kualitas pakan tersebut karena semakin ekonomis. Nilai konversi pakan yang baik adalah kurang dari dua yang berarti dalam memberikan pakan sebanyak dua kilogram akan menghasilkan daging ikan sebanyak satu kilogram. Parameter biologi lainnya yang dapat dilakukan pengukuran antara lain adalah

pertumbuhan, tingkat konsumsi pakan,kecernaan total, retensi protein,lemak dan energi.

Tingkat Konsumsi Pakan

Pada umumnya tingkat konsumsi pakan yang diberikan pada ikan erat hubungannya dengan besarnya individu ikan. Semakin kecil bobot individu ikan tingkat konsumsi pakan

yang diberikan persentasenya semakin besar, sebaliknya semakin besar bobot individu ikan semakin menurun tingkat konsumsi pakan yang diberikan. Tingkat Konsumsi Pakan (TKP) yang diberikan dapat dihitung dengan menggunakan berbagai macam rumus antara lain adalah menurut National Research Council (NRC), 1977 adalah :

$$TKP = \% \text{ pakan yang diberikan} \times \text{ bobot total populasi} \times \frac{100}{\text{Berat kering pakan}}$$

Menurut Halver (1989), tingkat konsumsi pakan perhari dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$TKP = 3 \times \frac{\text{Konversi Pakan}}{L} \times \Delta L \times 100$$

Dimana :

- TKP : Tingkat konsumsi pakan
- ΔL : kenaikan harian panjang tubuh ikan
- L : panjang tubuh ikan

Kecernaan Total

Pencernaan adalah proses penghancuran pakan menjadi molekul-molekul mikro melalui rangkaian proses fisik maupun kimiawi, sehingga bisa diserap melalui dinding usus kedalam kapiler darah. Proses ini terjadi terus menerus,diawali dengan pengambilan pakan dan berakhir

dengan pembuangan sisa pakan (Zonneveld *et al.*,1991;NRC, 1983).

Kecernaan adalah suatu parameter yang menunjukkan berapa dari makanan yang dikonsumsi dapat diserap oleh tubuh (Lovel, *et al.*, 1988), karena dalam suatu proses pencernaan selalu ada bagian makanan yang tidak dapat dicerna dan dikeluarkan dalam bentuk feses (Affandi *et al.*, 1992). Ikan mempunyai kemampuan mencerna yang berbeda dengan hewan darat (Watanabe,1988).

Menurut Heper (1988), kecernaan pakan dipengaruhi oleh tiga faktor yaitu: keberadaan enzim dalam saluran pencernaan ikan, tingkat aktivitas enzim-enzim pencernaan dan lamanya pakan yang dimakan bereaksi dengan enzim pencernaan. Masing-masing faktor tersebut akan dipengaruhi oleh faktor sekunder, yang berhubungan dengan spesies ikan, umur, dan ukuran ikan,kondisi lingkungan dan komposisi, ukuran serta pakan yang dikonsumsi.

Menurut Affandi *et al.* (1992), nilai pencernaan pakan dapat menggambarkan kemampuan ikan dalam mencerna suatu pakan. Selain itu nilai pencernaan dapat menentukan kualitas pakan yang dikonsumsi ikan. Pakan yang berasal dari bahan nabati umumnya lebih sulit dicerna oleh ikan dibandingkan bahan hewani (Hepher, 1988). Sedangkan bahan-bahan semi murni seperti kasein dan gelatin dicerna hampir sempurna oleh ikan (NRC, 1983). Disamping itu pencernaan pakan juga dipengaruhi oleh proses dan metoda pengolahan bahan-bahan tersebut, sebab ada beberapa bahan makanan yang perlu penanganan khusus karena keberadaan zat inhibitor dalam bahan makanan, contohnya pemanasan terhadap kacang kedelai dapat meningkatkan tingkat kecernaannya.

Prinsip penentuan pencernaan pakan adalah dengan membandingkan kadar nutrisi atau energi pakan dengan kadar nutrisi atau energi feses (Affandi *et al.*, 1992). Penentuan daya cerna ini bisa dilakukan secara langsung dilakukan pengukuran jumlah pakan yang dikonsumsi untuk dibandingkan dengan jumlah feses yang diekskresikan (Lovel, 1988). Penentuan daya cerna secara langsung dianggap sulit dan memakan waktu lama karena pengumpulan feses dilakukan dengan stripping, menghisap feses lewat anus, atau dengan membedah ikan.

Pengukuran pencernaan secara tidak langsung lebih menguntungkan karena tidak memperhitungkan jumlah pakan yang dikonsumsi serta feses yang diekskresikan, tetapi didasarkan kepada kandungan indikator dalam pakan dan feses (Tytler and Calow, 1985). Pencernaan secara tidak langsung dihitung berdasarkan perbandingan indikator yang terdapat pada pakan dengan indikator yang terdapat pada feses. Indikator yang digunakan adalah bahan yang tidak dapat dicerna, diserap atau masuk ke dalam lendir usus, tidak berubah secara kimiawi, dapat dianalisa dan dapat melewati saluran pencernaan (Lovell, 1988). Indikator yang digunakan mengukur daya cerna yang digunakan secara tidak langsung adalah Cr_2O_3 dan lignin (Hepher, 1988). Biasanya indikator yang sering digunakan adalah Cr_2O_3 sebesar 0,5 dalam pakan uji (NRC, 1983).

Metoda pencernaan makanan dapat dihitung menurut Affandi *et al* 1992 dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

1. Metoda langsung

Kecernaan pakan dengan metoda langsung biasa diterapkan pada level individu dengan menggunakan perhitungan sebagai berikut :

$$D = \frac{I - F}{I} \times 100 \%$$

Keterangan :

D = kecernaan total

I = total nutrien yang dikonsumsi
 F = total nutrien dalam feses

Np = persentase nutrien dalam pakan
 Nf = persentase nutrien dalam feses

Pada metoda ini semua makanan yang dikonsumsi dan semua feses yang dikeluarkan oleh ikan selama fase pengukuran (24 jam) harus diukur.

Kecernaan total dari pakan yang dikonsumsi dapat pula dihitung berdasarkan rumus Windel (1978) yaitu :

2. Metoda tidak langsung
 Kecernaan total pakan dari pakan yang dikonsumsi dapat dihitung dengan metode tidak langsung yaitu :

Kecernaan Total = $100 - (100 - a/a^*)$
 dimana :

a = Cr₂O₃ dalam pakan (%)
 a* = Cr₂O₃ dalam feses (%)

$$D = 100 - \left(100 \times \frac{I_p}{I_f} \times \frac{N_p}{N_f} \right)$$

Keterangan :

D = kecernaan total
 I_p = persentase indikator dalam pakan
 I_f = persentase indikator dalam feses

Selain kecernaan total dari pakan yang dikonsumsi juga harus diperhitungkan kecernaan dari nutrien yang terdapat pada pakan. Kecernaan nutrien itu terdiri dari kecernaan protein, kecernaan lemak, kecernaan karbohidrat dan kecernaan energi. Perhitungan kecernaan nutrien ini menggunakan rumus yang dikemukakan oleh NRC (1982) yaitu :

Kecernaan Protein

$$\text{Kecernaan Protein} = 100 - (100 \times a/a^* \times b^*/b)$$

dimana :

a = Cr₂O₃ dalam pakan (%)
 a* = Cr₂O₃ dalam feses (%)
 b = protein dalam pakan (%)
 b* = protein dalam feses (%)

Kecernaan Lemak

$$\text{Kecernaan Lemak} = 100 - (100 \times a/a^* \times b^*/b)$$

dimana :

a = Cr₂O₃ dalam pakan (%)
 a* = Cr₂O₃ dalam feses (%)
 b = lemak dalam pakan (%)

b^* = lemak dalam feses (%)

Kecernaan Karbohidrat

Kecernaan Karbohidrat = $100 - (100 \times a/a^* \times b^*/b)$

dimana :

a = Cr_2O_3 dalam pakan (%)

a^* = Cr_2O_3 dalam feses (%)

b = karbohidrat dalam pakan (%)

b^* = karbohidrat dalam feses (%)

Kecernaan Energi

Kecernaan Energi = $100 - (100 \times a/a^* \times b^*/b)$

dimana :

a = Cr_2O_3 dalam pakan (%)

a^* = Cr_2O_3 dalam feses (%)

b = energi dalam pakan (%)

b^* = energi dalam feses (%)

Retensi Protein, lemak dan energi

Untuk mengetahui efektivitas pakan yang diberikan dapat diketahui dengan jalan menentukan banyaknya zat makanan yang disimpan dalam tubuh. Adapun rumus yang digunakan untuk menghitung retensi protein, lemak dan energi sebagai berikut :

$$\text{Retensi Protein (\%)} = \frac{\text{Bobot protein yang disimpan tubuh (gram)}}{\text{Bobot protein yang diberikan (gram)}} \times 100\%$$

$$\text{Retensi Lemak (\%)} = \frac{\text{Bobot lemak yang disimpan tubuh (gram)}}{\text{Bobot lemak yang diberikan (gram)}} \times 100\%$$

$$\text{Retensi Energi (\%)} = \frac{\text{Jumlah energi (kkal) yang disimpan tubuh}}{\text{Jumlah energi (kkal) yang diberikan}} \times 100\%$$

Cara menghitung Retensi Protein/ Lemak

Bobot protein/lemak yang disimpan tubuh:

Bobot biomassa awal = WA
 Analisa proksimat awal ikan = a%
 Jumlah protein awal = a% X WA=A
 Bobot biomassa akhir + bobot mortalitas = WT

Analisa proksimat akhir ikan = b%
 Jumlah protein pada akhir = b% X WT = B

Protein yang disimpan dalam tubuh= B – A = C
 Bobot protein yang diberikan:
 Jumlah total pakan yang diberikan= p (gram)

% Protein pakan = CP % (hasil analisa proksimat)

Jumlah protein pakan=CP% X p= K

$$\text{Retensi Protein/ Lemak (\%)} = \frac{C}{K} \times 100$$

Pertumbuhan

Pertumbuhan adalah perubahan ukuran baik panjang, berat atau volume dalam jangka waktu tertentu. Pertumbuhan ini secara fisik diekspresikan dengan adanya

perubahan jumlah atau ukuran sel penyusun jaringan tubuh pada periode waktu tertentu. Sedangkan secara energetik, pertumbuhan diekspresikan dengan adanya perubahan kandungan total energi tubuh pada periode waktu tertentu (Rahardjo *et al*, 1989).

Pertumbuhan terjadi apabila ada kelebihan energi bebas setelah energi yang tersedia dipakan untuk metabolisme standar, energi untuk proses pencernaan dan energi untuk aktivitas.

Ada dua model yang dipakai untuk menghitung pertumbuhan. Model pertama adalah model yang berhubungan dengan berat dan berbentuk eksponensial. Model ini baik untuk waktu yang pendek. Model pertumbuhannya menurut Ricker (1979) adalah:

$$W_t = W_o \cdot e^{gt}$$

- dimana :
- W_t : bobot ikan pada saat t
 - W_o : bobot ikan awal
 - E : dasar logaritma natural (2,7183)
 - g : aju pertumbuhan harian spesifik
 - t : waktu

Laju pertumbuhan harian spesifik dapat dihitung dari rumus awal yaitu :

$$W_t = W_o \cdot e^{gt} \rightarrow \frac{W_t}{W_o} = e^{gt}$$

$$\ln \frac{W_t}{W_o} = gt \rightarrow g = \frac{\ln W_t - \ln W_o}{t}$$

Wo t

$$g = \frac{Wt - Wo}{t}$$

Menurut Huisman (1976) dan NRC (1977) mengemukakan rumus laju pertumbuhan harian sebagai berikut :

$$Wt = Wo (1 + g/100)^t \text{ atau}$$

$$g = \sqrt[t]{(Wt/Wo) - 1} \times 100\%$$

Model pertumbuhan yang kedua adalah berhubungan dengan panjang yang dinamakan rumus Von Bertalanfall dimana rumus yang digunakan adalah sebagai berikut :

$$Lt = L \sim 1 - e^{-k(t-t_0)}$$

dimana :

- Lt : panjang ikan pada waktu t
- L~ : panjang maksimum ikan
- k : koefisien pertumbuhan
- e : bilangan yang nilainya adalah 2,7183

Selain itu dari beberapa literatur pertumbuhan ikan dapat juga dilakukan pengukuran secara sederhana dengan menggunakan rumus antara lain adalah :

Pertumbuhan mutlak

$$Wt = Wf - Wi$$

dimana :

- Wt : pertumbuhan mutlak
- Wf : berat akhir
- Wi : berat awal

Laju pertumbuhan mutlak

$$Wt/hari = \frac{Wf - Wi}{\text{Waktu kultur (hari)}}$$

Pertumbuhan relatif

$$\% Wt = \frac{Wf - Wi}{Wi} \times 100$$

Laju pertumbuhan relatif

$$\% Wt/hari = \frac{Wf - Wi}{(Wi) (\text{waktu kultur})} \times 100$$

Laju pertumbuhan harian spesifik (SGR)

$$SGR = \frac{\ln W2 - \ln W1}{t2 - t1}$$

dimana :

- W1 : berat ikan pada periode waktu 1 (t1)
- W2 : berat ikan pada periode waktu 2 (t2)

Konversi Pakan

Untuk dapat mengetahui penggunaan pakan oleh ikan dapat dihitung dengan menentukan perbandingan faktor konversi pakan. Ikan hanya diberi pakan buatan 100% nilai konversi pakannya lebih dari 1. Hal ini disebabkan pakan tidak dapat dimanfaatkan semua dan ada yang menjadi feses. Dari segi ekonomis nilai konversi pakan dapat juga dipakai untuk menentukan kualitas pakan. Nilai konversi pakan yang mendekati nilai satu maka semakin bagus kualitas pakan yang diberikan. Konversi pakan dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\text{Konversi pakan} = \frac{F}{(W_t + D) - W_o}$$

dimana :

- F : jumlah pakan yang diberikan selama pemeliharaan
 W_t : berat akhir ikan rata-rata
 W_o : berat awal ikan rata-rata
 D : jumlah ikan yang mati selama pemeliharaan

Efisiensi Pakan

Sama halnya dengan konversi pakan, efisiensi pakan merupakan indikator untuk mengetahui efektivitas pakan yang diberikan kepada ikan terhadap pertumbuhan. Untuk menghitung efisiensi pakan dapat digunakan rumus menurut NRC (1977) adalah sebagai berikut :

$$E (\%) = \frac{(W_t + D) - W_o}{F} \times 100$$

F

dimana :

- W_t : bobot ikan pada waktu t
 W_o : bobot ikan pada waktu 0
 D : bobot ikan yang mati selama pengamatan
 F : jumlah pakan yang dikonsumsi

Dari rumus efisiensi pakan juga dapat dihitung nilai konversi pakan

6.5. MANAJEMEN PEMBERIAN PAKAN

Dalam budidaya ikan pakan merupakan salah satu faktor yang sangat menentukan dalam keberhasilan suatu budidaya ikan selain kualitas air. Pakan dalam kegiatan budidaya ikan sangat dibutuhkan oleh ikan untuk tumbuh dan berkembang. Pemberian pakan dalam suatu usaha budidaya sangat bergantung kepada beberapa faktor antara lain adalah jenis dan ukuran ikan, lingkungan dimana ikan itu hidup dan teknik budidaya yang akan digunakan. Dalam subbab ini akan dibahas tentang manajemen pemberian pakan dilihat dari jenis dan ukuran ikan serta teknik budidaya. Sedangkan pakan dan kualitas air akan dibahas pada subbab selanjutnya.

Pemberian pakan adalah kegiatan yang rutin dilakukan dalam suatu usaha budidaya ikan oleh karena itu dalam manajemen pemberian pakan harus dipahami tentang beberapa pengertian dalam kegiatan budidaya

ikan sehari-hari yang terkait dengan manajemen pemberian pakan antara lain adalah *feeding frekuensi*, *feeding time*, *feeding behaviour*, *feeding habits*, *feeding periodicity* dan *feeding level*.

Feeding frekuensi atau frekuensi pemberian pakan mempunyai makna jumlah waktu ikan untuk makan dalam sehari. Setiap jenis ikan mempunyai kebiasaan makan yang berbeda. Oleh karena itu dalam melakukan pemberian pakan kepada ikan setiap hari biasanya bergantung kepada jenis dan ukuran ikan, ketersediaan tenaga kerja, pakan dan ukuran kolam budidaya. Biasanya semakin kecil ikan frekuensi pemberian pakannya semakin banyak sedangkan semakin besar ikan frekuensi pemberian pakannya setiap hari semakin berkurang. Frekuensi pemberian pakan dihitung dalam waktu sehari (24 jam). Pada ikan air tawar misalnya ikan patin merupakan salah satu jenis ikan air tawar yang mempunyai fase kritis pada saat berusia larva yaitu 0 – 14 hari. Untuk meningkatkan kelangsungan hidup larvanya salah satu solusinya adalah memberikan pakan alami selama fase tersebut sebanyak 12 kali sehari dimana pakan alami tersebut diberikan setiap dua jam sekali selama sehari. Pada ikan laut frekuensi pemberian pakan pada masa larva lebih banyak dibandingkan pada fase pembersaran. Oleh karena itu frekuensi pemberian pakan pada masa larva bagi ikan budidaya mempunyai jumlah yang lebih banyak dibandingkan dengan fase lainnya dan setiap jenis ikan

mempunyai kekhasan dalam frekuensi pemberian pakan.

Feeding time atau waktu pemberian pakan adalah waktu yang tepat untuk melakukan pemberian pakan pada setiap jenis ikan. Waktu pemberian pakan ini juga sangat khas untuk setiap jenis ikan. Berdasarkan kapasitas daya tampung lambung setiap jenis ikan atau biasa disebut juga dengan *feeding periodicity* jenis ikan dapat dibedakan yaitu ikan pemakan malam hari atau aktivitas makannya meningkat pada malam hari yang biasa disebut dengan *nocturnal* misalnya ikan kelompok *catfish*, dan ikan pemakan siang hari atau aktivitas makannya lebih meningkat pada siang hari (*diurnal*). Oleh karena itu pada kelompok ikan yang mempunyai aktivitas makan pada malam hari maka dalam melakukan pemberian makan, waktu pemberian pakannya sebaiknya lebih banyak pada malam hari. Agar pakan yang diberikan lebih efisien dan efektif.

Selain itu dalam melakukan pemberian pakan juga harus diperhatikan tentang tingkah laku ikan dalam kehidupannya di dalam perairan dimana ikan berdasarkan tingkah lakunya dalam media hidupnya dapat dikelompokkan menjadi tiga yaitu ikan yang hidupnya di atas permukaan air, ikan yang hidupnya lebih senang berada ditengah-tengah air dan ikan yang hidupnya lebih senang di dasar perairan. Oleh karena dalam melakukan pemberian pakan terhadap jenis-jenis ikan tersebut harus disesuaikan dengan tingkah laku ikan tersebut.

Berdasarkan kebiasaan makannya ikan yang dibudidayakan dapat dikelompokkan menjadi ikan herbivora, ikan omnivora dan ikan karnivora. Oleh karena itu melakukan pemberian pakan untuk ikan herbivora, omnivora dan karnivora harus berbeda.

Jumlah pakan ikan yang diberikan setiap hari pada ikan yang dibudidayakan dan biasanya diekspresikan dalam persen biomas ikan biasa disebut dengan feeding rate. Feeding rate pada pemberian pakan ikan berkisar antara 2 – 5% perhari atau bahkan lebih. Sedangkan biomas adalah jumlah total ikan perunit area pada waktu tertentu dan diekspresikan dalam kg/ha atau kg/meter persegi. Biasanya dalam pemberian pakan pada ikan yang berukuran besar jumlah pakan yang diberikan setiap hari semakin berkurang dan semakin kecil ukuran ikan jumlah pakan yang diberikan semakin banyak. Hal ini dikarenakan ikan yang berukuran kecil mempunyai masa pertumbuhan yang lebih besar dibandingkan dengan ikan berukuran besar. Seperti yang diketahui bahwa pertumbuhan ikan mempunyai kurva pertumbuhan yang sigmoid yaitu ada masa dalam kurva tersebut adalah masa pertumbuhan emas dan itu biasa terjadi pada ikan yang berukuran larva dan benih. Oleh karena itu dibutuhkan jumlah pakan yang lebih banyak dibandingkan dengan ikan yang berukuran dewasa.

Dalam melakukan pengelolaan pemberian pakan pada suatu usaha budidaya sangat bergantung pada

teknik budidaya yang diterapkan. Pada suatu usaha budidaya ikan dapat dikelompokkan menjadi tiga yaitu :

1. Budidaya ikan secara ekstensif
Pada budidaya ikan ini yang menjadi ciri khasnya adalah dalam pemberian pakannya mengandalkan pakan alami. Oleh karena itu dalam sistem budidaya ini pemupukan pada kolam budidaya harus kontinu dilakukan agar pakan alami tumbuh dengan subur pada kolam budidaya. Pengelolaan pemberian pakan pada sistem budidaya ekstensif lebih mengutamakan tumbuhnya plankton baik phytoplankton maupun zooplankton di dalam wadah budidaya sebagai pakan alami ikan yang dibudidayakan dan jenis ikan yang dibudidayakan adalah ikan herbivora yaitu ikan yang senang mengkonsumsi tumbuhan atau nabati.
2. Budidaya ikan semi intensif
Pada budidaya ikan sistem semiintensif yang menjadi cirinya adalah dalam budidayanya sangat mengandalkan pakan alami dan pakan tambahan. Pakan alami masih digunakan dalam sistem budidaya ini sehingga sistem pemupukan pada kolam budidaya masih dilakukan dan pemberian pakan tambahan yaitu pakan yang dalam kontribusinya hanya menghasilkan penambahan berat pada ikan kurang dari 50% atau kurang dari pakan utama. Pakan tambahan ini biasanya dibuat sendiri oleh pembudidaya dari

beberapa bahan baku dan kandungan nutrisinya tidak selengkap pakan buatan pabrik sehingga pertumbuhan ikan dari pakan tambahan ini kurang dari 50%. Biasanya kelompok ikan yang dipelihara secara semi intensif adalah kelompok ikan omnivora misalnya kelompok carper seperti ikan mas.

3. Budidaya ikan secara intensif

Pada budidaya ikan secara intensif yang menjadi ciri khasnya adalah dalam melakukan kegiatan budidaya mengandalkan pakan buatan sebagai sumber makanan utama ikan yang dibudidayakan. Pakan yang digunakan adalah pakan buatan yang mempunyai kandungan gizi yang lengkap. Karena pakan buatan ini sebagai sumber energi utama dan materi bagi kehidupan dan pertumbuhan ikan. Pakan buatan dalam usaha budidaya ikan intensif merupakan komponen terbesar dalam suatu usaha budidaya biasanya berkisar antara 40 – 70% dari total biaya produksi. Oleh karena itu dalam mengelola pemberian pakan secara intensif harus benar-benar dilakukan secara benar agar efisiensi pakan dan efektifitas kegiatan budidaya dapat menguntungkan.

Manajemen pemberian pakan pada suatu usaha budidaya ikan yang intensif harus dilakukan. Hal ini dikarenakan pada pengelolaan pemberian pakan dalam usaha budidaya ada beberapa elemen kritis yang harus diperhatikan antara lain adalah jumlah pakan perhari yang

diberikan dalam pemeliharaan ikan (*feeding rate*), frekuensi pemberian pakan dalam satu hari (*feeding frekuensi*), waktu pemberian pakan yang tepat (*feeding time*) dan konversi pakan yang ditargetkan dalam suatu usaha budidaya ikan. Jumlah pakan yang akan diberikan setiap hari pada budidaya ikan secara intensif sangat bergantung pada faktor biotik dan faktor lingkungan dimana ikan itu hidup. Jumlah pakan yang akan diberikan setiap hari ini juga ditentukan pada perbandingan jumlah pakan yang akan diberikan. Pada suatu usaha budidaya ikan dimana terdapat beberapa fase kegiatan budidaya sehingga pakan yang akan diberikan pada setiap fase akan berbeda. Berdasarkan jumlah pakan yang harus diberikan dalam suatu usaha budidaya dapat dibedakan menjadi tiga kelompok yaitu :

1. Pemberian pakan secara berlebihan (*excess*)
Pemberian pakan secara berlebihan atau biasa disebut *ad libitum* merupakan salah satu cara pemberian pakan yang biasa diberikan pada fase pemberian pakan untuk larva ikan sampai ukuran benih ikan pada suatu hatchery. Pada stadia tersebut tingkat konsumsi pakan masih tinggi hal ini berkaitan dengan kapasitas tampung lambung larva atau benih ikan masih sangat terbatas, struktur alat pencernaan yang masih belum sempurna dan ukuran bukaan mulut larva yang masih sangat kecil, sehingga dengan memberikan pakan dengan sekenyangnya atau *ad libitum* dimana pakan selalu tersedia

dalam jumlah yang tidak dibatasi maka larva atau benih ikan ini dapat makan kapanpun juga sesuai dengan keinginan ikan. Tetapi pemberian pakan secara berlebihan pada fase setelah larva atau benih akan membawa dampak yang merugikan bagi sistem perairan dalam suatu usaha budidaya. Dimana pakan ikan yang berlebihan akan berpengaruh langsung terhadap organisme akuatik (ikan) yang hidup dalam wadah budidaya dan kondisi lingkungan budidaya tersebut. Pakan ikan yang berlebihan tidak akan dimakan oleh ikan dan akan terjadi penumpukan pakan pada wadah budidaya di dasar perairan. Penumpukan pakan ikan didasar budidaya akan tercampur dengan hasil buangan ikan seperti feses, urine yang nantinya akan menghasilkan bahan-bahan toksik seperti amoniak, H₂S dan sebagainya yang dihasilkan dari perombakan bahan-bahan organik tersebut. Kandungan toksik yang tinggi dalam wadah budidaya akan menyebabkan aktivitas ikan dan terganggu. Oleh karena itu manajemen pemberian pakan pada ikan harus dilakukan dengan benar disesuaikan dengan melihat jenis dan umur ikan, lingkungan perairan serta teknik budidaya yang digunakan. Pemberian pakan secara ad libitum dengan menggunakan pakan buatan akan memberikan dampak negatif karena mengakibatkan meningkatnya biaya produksi.

2. Pemberian pakan sekenyangnya (*satiation*)

Pada sistem pemberian pakan sekenyangnya adalah suatu usaha para pembudidaya ikan untuk melakukan pemberian pakan pada ikan yang dibudidayakan dalam jumlah yang maksimal. Hal ini dapat dilakukan pada ikan budidaya yang benar-benar sudah diketahui daya tampung lambungnya secara maksimal dalam setiap pemberian pakan, sehingga pakan ikan yang diberikan semuanya dikonsumsi oleh ikan. Tetapi dalam kenyataannya sangat sulit bagi para pembudidaya untuk menerapkan sistem pemberian pakan ini karena untuk menghindari pakan yang terbuang itu sangat sulit. Oleh karena itu dalam pemberian pakan secara maksimal akan mudah diterapkan jika ikan yang dibudidayakan sudah terbiasa dengan jumlah pemberian pakan tersebut setiap hari berdasarkan pengalaman di lapangan.

3. Pemberian pakan yang dibatasi (*restricted*)

Pemberian pakan tipe ini adalah pemberian pakan buatan yang biasa dilakukan dalam suatu usaha budidaya ikan dimana para pembudidaya melakukan pembatasan jumlah pakan yang diberikan setiap hari. Jumlah pakan yang akan diberikan setiap hari ini dibatasi berdasarkan hasil suatu penelitian dengan jumlah pakan tertentu akan diperoleh pertumbuhan ikan yang optimal. Pemberian pakan dalam budidaya ikan secara intensif

biasanya jumlah pakan yang diberikan dibatasi jumlahnya berdasarkan hasil penelitian dan pengalaman dilapangan. Berdasarkan pengalaman petani

ikan mas di Jawa Barat dalam melakukan manajemen pemberian pakan dapat dilihat pada Tabel 6.3.

Tabel 6.3. Skedul pemberian pakan dalam usaha budidaya ikan mas

| Stadia ikan | Umur ikan | Ukuran ikan | Bobot ikan | Jenis pakan | Dosis pakan | Feeding frekuensi |
|-------------|-----------|-------------|------------|----------------------|------------------------|--------------------------|
| Larva | 1-4 hr | 0,5-0,6 mm | 0,18-20 mg | Kuning telur | Adlibitum | - |
| Kebul | 5 hr | 1 cm | 15-20 mg | Pakan alami & Emulsi | Adlibitum | - |
| Burayak | 5-10 hr | 1-3 cm | 0,1-0,5 g | Emulsi | 1 g/1000 2 g/1000 | 6 - 8 kali 6 – 8 kali |
| Putihan | 10-15 hr | 3-5cm | 0,5-2,5 g | Emulsi | 3 g/1000 | 6 -8 kali |
| Benih | 3 bl | 8-12 cm | 100 g | Remah Pellet | 4% biomas 3% biomas | 5 kali 4 kali |
| Induk | 6 bl | > 12 cm | 0,5 kg | Pellet | 3% biomas | 3 kali |

Dalam membuat skedul pemberian pakan ikan mas ini dibuat suatu asumsi berdasarkan stadia dan ukuran ikan. Frekuensi pemberian pakan pada suatu usaha budidaya ikan mas harus disesuaikan dengan kebutuhan pakan berdasarkan stadia ikan mas itu sendiri. Skedul pemberian pakan ikan mas ini tidaklah mutlak seperti tabel di atas harus disesuaikan dengan kondisi lahan dimana ikan mas tersebut dibudidayakan. Hal ini dikembalikan kepada sifat alamiah ikan yang mulai dari larva yang baru menetas dengan sumber pakannya masih disediakan oleh kantung kuning telur, sehingga pada stadia ini larva tidak perlu diberi pakan tambahan, kecuali untuk pakan alami dimana proses penyiapannya sudah dilakukan pada saat persiapan kolam mulai dari pengeringan dasar kolam, pengapuran dan pemupukan. Setelah kantung kuning telur habis maka larva akan mulai

mengonsumsi pakan alami yang tumbuh di kolam, baik dari jenis phytoplankton maupun zooplankton dengan ukuran pakan alami yang dikonsumsi disesuaikan dengan bukaan mulut larva dan setelah beberapa hari kemudian larva siap dipindah ke kolam pendederan. Jenis pakan yang diberikan pada stadia kebul adalah pakan alami yang tumbuh di kolam ditambah dengan emulsi kuning telur dengan jumlah pakannya 1 gram kuning telur untuk 1000 ekor kebul dan diberikan sebanyak 6 – 8 kali dalam sehari. Pada stadia burayak ukuran sudah mulai bertambah sehingga jumlah emulsi pakannya ditingkatkan menjadi 2 gram untuk 1000 ekor kebul dengan frekuensi pemberian pakan 6 – 8 kali sehari. Pada stadia putihan menjadi 3 gram untuk 1000 ekor, sedangkan pada tahap benih mencapai ukuran gelondongan atau ukuran 3 bulan pakannya berubah

menggunakan pakan buatan di muali dari bentuk remahan kemudian pellet berukuran 2 mm dengan jumlah pakan remahan sebanyak 4% dari total biomas sedangkan untuk pakan pellet 2 mm jumlah pakan yang diberikan 3% dari biomas. Frekuensi pemberian pakan untuk pakan remahan adalah 5 kali sehari pada minggu pertama sedangkan pada minggu selanjutnya diberikan pakan buatan bentuk pellet 2 mm sebanyak 4 kali sehari. Hal ini dilakukan karena pada stadia ini ikan mas sangat rakus memakan makanannya dan sifat alami ikan mas sebagai pemakan segala/omnivora akan muncul. Aktifitas makan ikan mas akan meningkat pada siang hari karena ikan mas termasuk jenis ikan diurnal. Oleh karena itu dalam pemeliharaan dikolam juga diberikan pakan tambahan untuk memenuhi kebutuhan ikan mas terhadap pakan alami. Pada tahap calon induk samapi akan menjadi induk ikan mas

yang dipelihara mempunyai pertumbuhan yang sudah lebih lambat sehingga jumlah pakan yang diberikan berkurang menjadi 3% dari biomas dengan frekuensi pemberian pakan sebanyak 3 kali sehari. Pada stadia ini ikan sudah akan mengalami pertumbuhan gonadik sehingga pakan yang diberikan harus memiliki kandungan gizi yang lengkap untuk mempercepat tingkat kematangan gonad. Dengan demikian jumlah pakan yang diberikan selama pemeliharaan dibatasi sehingga pertumbuhan mencapai optimal.

Selain itu dalam melakukan pengelolaan pemberian pakan pada udang yang telah dilakukukan oleh Akiyama dalam Goddard (1996) merupakan salah satu komoditas organisma air yang mempunyai kebiasaan makan pada malam hari dapat dilihat pada Tabel 6.4.

Tabel 6.4. Skedul pemberian pakan pada udang

| Tipe pakan | Berat udang | Feeding Time | | | | |
|------------|-------------|--------------|-------|-------|-------|-------|
| | | 06.00 | 10.00 | 14.00 | 18.00 | 22.00 |
| Starter | < 3 g | 30% | - | 35% | - | 35% |
| Grower | 3-15 g | 20% | 15% | 15% | 30% | 20% |
| Finisher | > 15 g | 20% | 15% | 15% | 30% | 20% |

Pada tabel diatas memperlihatkan bahwa pakan udang yang diberikan bervariasi pada setiap stadia udang dan waktu pemberian pakannya disesuaikan dengan kebiasaan udang yang mempunyai aktivitas makannya meningkat pada hari

gelap sehingga menjelang sore jumlah pakan relatif lebih banyak. Untuk lebih jelasnya dapat diperhatikan Tabel 6.5, yang memperlihatkan jumlah pemberian pakan dari larva samapi ukuran siap panen semakin berkurang.

Tabel 6.5. Jumlah pakan harian pada udang dengan kelangsungan hidup 80%

| Berat udang (gram) | Biomass (kg) | Feed Rate (%) | Jumlah pakan harian (kg) |
|--------------------|--------------|---------------|--------------------------|
| < 10 hari | - | - | 4 |
| 10 – 20 hari | - | - | 8 |
| 20 – 30 hari | - | - | 12 |
| 3 | 240 | 5,7 | 14 |
| 4 | 320 | 5,4 | 17 |
| 5 | 400 | 5,1 | 20 |
| 6 | 480 | 4,8 | 23 |
| 7 | 560 | 4,6 | 26 |
| 8 | 640 | 4,4 | 28 |
| 9 | 720 | 4,21 | 30 |
| 10 | 800 | 4,0 | 32 |
| 11 | 880 | 3,9 | 34 |
| 12 | 960 | 3,7 | 36 |
| 13 | 1040 | 3,6 | 37 |
| 14 | 1120 | 3,5 | 39 |
| 15 | 1200 | 3,3 | 40 |
| 16 | 1280 | 3,2 | 41 |
| 17 | 1360 | 3,1 | 42 |
| 18 | 1440 | 2,9 | 42 |
| 19 | 1520 | 2,8 | 43 |
| 20 | 1600 | 2,7 | 43 |
| 21 | 1680 | 2,6 | 44 |
| 22 | 1760 | 2,6 | 45 |
| 23 | 1840 | 2,5 | 46 |
| 24 | 1920 | 2,4 | 46 |
| 25 | 2000 | 2,3 | 46 |
| 26 | 2080 | 2,3 | 48 |
| 27 | 2160 | 2,2 | 48 |
| 28 | 2240 | 2,2 | 49 |
| 29 | 2320 | 2,1 | 49 |
| 30 | 2400 | 2,1 | 50 |
| 31 | 2480 | 2,1 | 52 |
| 32 | 2560 | 2,1 | 54 |
| 33 | 2640 | 2,1 | 55 |
| 34 | 2720 | 2,1 | 56 |
| 35 | 2800 | 2,0 | 57 |

Pada beberapa negara yang sudah maju jika akan memberikan pakan pada suatu usaha budidaya ikan menggunakan beberapa alat yang dapat membantu proses pemberian

pakan. Berdasarkan peralatan yang digunakan dalam melakukan pemberian pakan pada usaha budidaya ikan, ada beberapa metode

pemberian pakan yang dapat dilakukan yaitu :

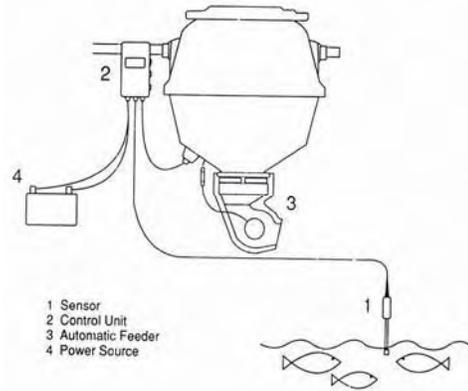
1. Pemberian pakan dengan tangan
Pemberian pakan dengan cara metode pemberian pakannya menggunakan tangan (disebar). Metode pemberian pakan dengan tangan ini biasanya disesuaikan dengan stadia dan umur ikan yang dibudidayakan



Gambar 6.17.
Metode pemberian pakan dengan tangan

2. Pemberian pakan secara mekanik

Pemberian pakan dengan cara menggunakan alat bantu pakan yang digerakkan oleh tenaga mekanik, seperti demand feeder dan automatically feeder yang biasa digunakan pada budidaya ikan di kolam air deras.



Gambar 6.18.
Metode pemberian pakan dengan demand feeder

3. Pemberian pakan di Hatchery

Pada beberapa unit hatchery ikan air laut atau ikan air tawar biasanya dibutuhkan suatu alat bantu untuk memudahkan proses pemberian pakan. Pada stadia larva ikan merupakan fase kritis dimana pada fase tersebut dibutuhkan pakan yang tepat jenis, ukuran dan jumlah dimana yang dimasukkan kedalam pipa-pipa adalah pakan alami yang telah dibuat sedemikian rupa sehingga pipa yang berisi pakan alami ini masuk kedalam wadah pemeliharaan secara otomatis.

Selain itu yang perlu diperhatikan dalam melakukan pengelolaan pemberian pakan adalah melakukan pencatatan pemberian pakan yang biasa disebut dengan Feeding record. Dengan membuat suatu catatan tentang pemberian pakan pada setiap kolam budidaya akan memudahkan untuk memantau perkembangan setiap kolam budidaya. Adapun data yang

sebaiknya dicatat pada setiap kolam dalam manajemen pemberian pakan adalah :

1. Berat rata-rata ikan yang ditebar pada waktu tertentu (W) dalam gram
2. Jumlah ikan yang ditebar dalam satu kolam (N)
3. Perkiraan kelangsungan hidup/sintasan selama periode waktu pemeliharaan (SR) dalam %
4. Jumlah pakan yang diberikan setiap hari (FR) dalam %
5. Jumlah pakan harian yang diberikan pada setiap kolam (DFA)

Nilai DFA dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$DFA = W \times N \times SR \times FR$$

Misalnya dalam suatu kolam budidaya jumlah ikan yang ditebar adalah 50.000 ekor, dengan berat rata-rata ikan pada waktu tebar adalah 5 g, dengan perkiraan kelangsungan hidup adalah 90% dan jumlah pakan harian adalah 8%, maka jumlah pakan harian yang harus diberikan pada setiap kolam adalah : $5 \times 50.000 \times 0,9 \times 0,08 = 18 \text{ kg perhari}$

6. Jumlah pakan selama pemeliharaan
Dari contoh diatas maka jumlah pakan yang dibutuhkan selama pemeliharaan 15 hari adalah $18 \text{ kg/hari} \times 15 \text{ hari} = 270 \text{ kg}$
7. Frekuensi pemberian pakan dan waktu pemberian pakan
Dalam contoh diatas jumlah pakan perhari adalah 18 kg, pakan tersebut akan diberikan

kepada larva ikan sebanyak 4 kali pada waktu pukul 06.00, 10.00, 14.00 dan 19.00. Maka jumlah pakan setiap kali pemberian adalah $18 \text{ kg} : 4 = 4,5 \text{ kg}$.

Dengan melakukan pencatatan maka akan jumlah pakan yang dihabiskan selama kegiatan budidaya dan dapat diprediksi hasil produksi dengan memperkirakan nilai konversi pakan dan efisiensi pakan dari kegiatan selama budidaya ikan.

6.6 PAKAN DAN KUALITAS AIR

Pakan yang diberikan kepada ikan sebagai organisme air akan selalu berhubungan dengan air sebagai media budidaya ikan. Pada budidaya ikan secara intensif penggunaan pakan buatan sangat mendominasi biaya produksi. Seperti kita ketahui pakan ikan yang diberikan selama kegiatan budidaya tidak seratus persen dikonsumsi oleh ikan. Jika konversi pakan pada ikan mas mencapai 1,5 berarti dalam 1,5 kilogram pakan akan memberikan kontribusi penambahan berat daging ikan sebanyak 1 kilogram. Hal ini berarti pakan yang diolah menjadi daging tidak seratus persen ada bagian dari pakan yang digunakan sebagai energi untuk feses dan lainnya. Menurut Calow (1986) dalam Harris (2005) energi pakan yang dimakan ikan (C) sama dengan produksi daging ikan (P) + energi metabolisme (R) + energi urine (U) dan energi feses (F) atau

dengan rumus ditulis sebagai berikut: $C = P + R + U + F$. Berapa banyak pakan yang dikonsumsi (C) akan menjadi daging tergantung dari berapa banyak yang terbuang sebagai limbah feses dan sisa metabolisme berupa urin, amoniak, karbondioksida, air dan hidrogen sulfida. Seberapa banyak pakan akan menjadi feses tergantung pada seberapa sesuai komponen pakan dengan kemampuan enzimatik di saluran pencernaan ikan (daya cerna). Pakan yang dicerna selanjutnya diabsorpsi ke dalam darah dan seberapa banyak pakan yang diabsorpsi akan menjadi daging ikan bergantung pada pola asam amino, asam lemak, keseimbangan energi antar nutrisi, vitamin, mineral dan lain-lain. Kalau dilihat dari sisi praktis, pakan yang diberikan (P) = pakan yang dikonsumsi (C) + pakan yang tidak termakan (PT). Untuk ikan bagian yang tidak termakan ini bisa 0 – 10%, sementara untuk udang dapat mencapai 15% (Goddard, 1996). Perbedaan itu terjadi karena ikan makannya jauh lebih cepat daripada udang, ransum udang biasanya habis dimakan selama 0,5–2 jam dan selama proses tersebut terjadi pencucian pakan (*leaching*).

Dalam budidaya ikan secara intensif dimana 40 – 70% komponen biaya produksi adalah pakan ikan maka efisiensi pakan atau konversi pakan sangat penting diperhatikan. Dari sekian banyak pakan yang dikonsumsi oleh ikan maka akan banyak terjadi pelepasan bahan organik dan anorganik yang berasal dari pakan yang akan mempengaruhi kualitas air dalam wadah budidaya. Oleh karena itu antara pemberian

pakan dengan kualitas air di dalam budidaya ikan secara intensif sangat kompleks. Ada beberapa parameter kualitas air yang sangat mempengaruhi aktivitas makan, metabolisme dan pertumbuhan ikan diantaranya adalah suhu air dan tingkat kelarutan oksigen. Pakan yang diberikan dalam budidaya ikan intensif akan dikonsumsi oleh ikan dan ikan akan mengeluarkan buangan berupa limbah organik dan organik ke dalam wadah budidaya. Salah satu limbah nitrogen yang sebagian besar berupa amoniak terlarut dan feses merupakan bahan yang akan banyak dibuang ke dalam perairan. Amoniak dikeluarkan oleh ikan melalui insang, urine dan feses. Amoniak dapat mempengaruhi secara langsung pada ikan budidaya sedangkan bahan limbah lainnya seperti fosfor dan nitrogen dalam bentuk lainnya secara tidak langsung akan mempengaruhi ikan juga. Karena amoniak dalam bentuk belum terionisasi sangat berbahaya bagi ikan, sedangkan feses yang dikeluarkan oleh ikan lama kelamaan akan menjadi bahan tersuspensi ataupun terendap dalam sistem perairan.

Pada kolam air mengalir dengan pergantian air yang memadai maka kandungan amoniak dan feses yang terendap dalam wadah budidaya bisa terbuang keluar tetapi pada kolam pemeliharaan ikan dengan sistem air yang tidak mengalir maka semua amoniak dan feses yang dikeluarkan oleh ikan akan tetap mengendap di dalam wadah budidaya yang dapat mengakibatkan racun bagi ikan yang dibudidayakan. Jika kolam dalam kondisi optimal maka amoniak dan

racun lainnya masih dapat dinetralkan dan akan diubah menjadi mikronutrien untuk pertumbuhan pakan alami dikolam budidaya. Tetapi jika kesuburan perairan menjadi meningkat maka hal ini juga akan membahayakan organisme air lainnya karena dengan adanya blooming phytoplankton dapat membahayakan bagi ikan. Oleh karena itu keterkaitan antara pemberian pakan dengan kualitas air sangat penting diperhatikan dalam budidaya ikan secara intensif. Parameter yang akan dibahas dalam hal ini adalah suhu dan oksigen.

Suhu

Setiap ikan mempunyai kemampuan untuk beradaptasi terhadap perubahan suhu karena sifat ikan yang poikilothermal yaitu mampu beradaptasi dengan perubahan suhu lingkungan dengan suhu tubuhnya. Tetapi setiap jenis ikan ini

mempunyai toleransi yang optimal terhadap suhu untuk dapat tumbuh dan berkembang. Berdasarkan perubahan suhu ikan yang hidup di daerah panas mempunyai aktivitas makan yang lebih tinggi dibandingkan dengan ikan yang hidup di daerah dingin. Oleh karena itu pada suhu air yang tinggi nafsu makan ikan akan meningkat dan metabolisme di dalam tubuh ikan akan meningkat dan pertumbuhan ikan akan meningkat pula. Kaitan antara suhu perairan dan pertumbuhan ikan telah dilakukan penelitian oleh Elliot (1981) dalam Goddard (1996) pada ikan mas (*Cyprinus carpio*) dan brown trout (*Salmo trutta*) pada gambar dibawah ini dan tabel 6.6.

Gambar Kebutuhan suhu pada ikan mas dan ikan brown trout

Tabel 6.6. Kisaran suhu optimum untuk beberapa ikan budidaya (Goddard, 1996)

| Jenis ikan | Suhu optimal untuk pertumbuhan (°C) |
|------------------------|-------------------------------------|
| Rainbow trout | 12 – 18 |
| Atlantic salmon | 12 – 17 |
| Common carp | 23 – 25 |
| Channel catfish | 28 – 30 |
| European eel | 18 – 21,5 |
| Japanese eel | 23 – 30 |
| African catfish | 25 – 27,5 |
| Tilapia | 25 – 30 |
| Giant tiger shrimp | 28 – 33 |
| Giant freshwater prawn | 25 - 30 |

Dari tabel diatas diketahui bahwa setiap jenis ikan mempunyai kebutuhan terhadap suhu yang berbeda, dimana pada setiap jenis ikan mempunyai kebutuhan suhu optimum yang berbeda. Pada suhu lingkungan yang optimal

dimungkinkan juga ikan akan mengalami pertumbuhan yang optimal. Oleh karena itu dalam proses pemeliharaan ikan agar pakan yang diberikan dikonsumsi oleh ikan secara optimal karena aktivitas makannya meningkat perlu dibuat suatu lingkungan budidaya yang mempunyai suhu optimal.

Oksigen terlarut

Dalam bab 2 kita telah bahas secara detail tentang oksigen terlarut dalam wadah budidaya ikan . Pada bab ini akan dibahas kaitan antara kandungan oksigen terlarut dengan proses pemberian pakan. Kandungan oksigen terlarut dalam suatu wadah budidaya sangat berpengaruh terhadap aktivitas pemberian pakan, metabolisme, pertumbuhan , tipe dan jumlah pakan yang akan diberikan. Kandungan oksigen terlarut dalam wadah budidaya ikan minimal adalah 5 ppm. Semakin tinggi kandungan oksigen terlarut dalam wadah budidaya dapat meningkatkan nafsu makan ikan, akibatnya ikan akan lebih cepat tumbuh dan efisiensi makanan akan meningkat.

Ikan sebagai organisme air membutuhkan energi untuk bergerak, mencari dan mencerna makanan, untuk tumbuh dan merawat fungsi tubuhnya. Energi yang disimpan didalam tubuh ikan diperoleh dari proses metabolisme. Dalam proses metabolisme ini dibutuhkan oksigen, oleh karena itu ketersediaan oksigen terlarut dalam wadah budidaya ikan mutlak diperlukan, dengan adanya kecukupan oksigen yang terlarut dalam wadah budidaya maka kebutuhan ikan akan oksigen untuk proses metabolisme akan terpenuhi. Hal ini akan sangat menguntungkan dalam proses pemberian pakan karena pakan yang dicerna oleh ikan akan termetabolisme dengan baik sehingga akan diperoleh energi yang akan dibutuhkan untuk tumbuh dan berkembang.

Rata-rata konsumsi oksigen pada organisme air sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya adalah berat tubuh, suhu air dan tingkat aktivitas ikan. Pada umumnya ikan yang berukuran besar mengkonsumsi oksigen lebih banyak perjamnya daripada ikan yang berukuran kecil. Tetapi jika dihitung perberat tubuh ikan yang lebih kecil mengkonsumsi oksigen yang lebih banyak daripada ikan yang berukuran besar. Pada suhu yang tinggi dan aktivitas ikan yang tinggi, ikan akan membutuhkan oksigen lebih banyak daripada suhu yang rendah dan pada saat ikan beristirahat. Ikan yang hidup didaerah tropis biasanya dapat hidup pada kondisi perairan yang kandungan oksigennya rendah seperti ikan nila yang masih dapat hidup pada kondisi oksigen terlarut 3 ppm dibandingkan dengan ikan salmon yang hanya dapat hidup jika perairan mengandung oksigen terlarut berkisar antara 5 – 6 ppm. Ikan melakukan pertukaran oksigen melalui sistem pernafasannya yaitu di insang khususnya lamella insang. Oksigen diserap maka karbondioksida dilepaskan. Perpindahan gas ini dilakukan secara difusi melewati membran tipis lamella yang memisahkan sistem perputaran darah dari air selama melewati insang. Kandungan oksigen dalam darah bergantung pada beberapa faktor dinetranya adalah tekanan partial oksigen dan karbondioksida di dalam air, pH, suhu dan

tingkat aktivitas makan ikan. Kandungan oksigen yang rendah dapat menyebabkan mortalitas dan lambatnya pertumbuhan ikan atau udang di dalam wadah budidaya.

Selama dalam pemeliharaan ikan yang dibudidayakan selalu melakukan aktivitas makan. Selama proses pemberian pakan maka aktivitas makan ikan akan meningkat dan kebutuhan ikan akan oksigen akan meningkat dan akan menurun kembali jika ikan tidak melakukan aktivitas makan. Pada suhu air yang meningkat tinggi biasanya kandungan oksigen terlarut akan didalam wadah budidaya menurun tetapi kebutuhan ikan akan oksigen terlarut meningkat karena nafsu makan ikan meningkat dan proses metabolisme didalam tubuh akan meningkat, oleh karena itu ikan akan mempertahankan kebutuhannya jika tidak ikan akan mati. Hal ini sangat perlu diperhatikan agar dalam proses pemberian pakan pada suhu perairan yang sedang tinggi sebaiknya dikurangi untuk meminimalkan oksigen yang dibutuhkan untuk proses metabolisme.

Pemantauan kandungan oksigen terlarut dalam wadah budidaya ikan sangat diperlukan dalam melakukan manajemen pemberian pakan. Dengan mengetahui kandungan oksigen terlarut dalam wadah budidaya ikan dapat dibuat pengaturan tentang jumlah pakan yang diberikan setiap hari dan waktu yang tepat dalam melakukan pemberian pakan serta berapa kali dalam sehari diperlukan pemberian pakan tersebut.

BAB VII. TEKNOLOGI PRODUKSI PAKAN ALAMI

7.1. JENIS-JENIS PAKAN ALAMI

Apakah pakan alami itu? Sebelum membicarakan tentang pakan alami perlu dipahami arti katanya. Pakan merupakan peristilahan yang digunakan dalam dunia perikanan yang mempunyai arti makanan. Sedangkan alami menurut arti katanya adalah sesuatu yang berasal dari alam. Oleh karena itu pakan alami adalah pakan yang dikonsumsi oleh organisme yang berasal dari alam.

Pakan alami merupakan salah satu jenis pakan ikan hias dan ikan konsumsi air tawar, payau dan laut. Pakan alami adalah pakan yang disediakan secara alami dari alam dan ketersediaannya dapat dibudidayakan oleh manusia, sedangkan pakan buatan adalah pakan yang hanya dibuat oleh manusia dengan menggunakan beberapa bahan baku dan formulasi pakannya disesuaikan dengan kebutuhan ikan.

Dalam bab ini akan dibicarakan tentang pakan alami yang merupakan makanan yang sangat disukai oleh ikan hias dan ikan konsumsi. Pakan alami dapat diperoleh dengan melakukan usaha budidaya. Usaha budidaya pakan alami ini dapat dibagi atas dua kelompok besar yaitu : penyediaan pakan alami yang selektif dan penyediaan pakan alami secara nonselektif seperti pemupukan di lahan perairan. Penyediaan pakan alami secara selektif adalah melakukan budidaya pakan alami ini secara terpisah dengan wadah budidaya ikan, sedangkan budidaya pakan alami secara nonselektif adalah melakukan budidaya pakan alami bergabung dengan ikan yang akan dibudidayakan dimana kegiatan tersebut dilakukan pada saat dilakukan persiapan kolam untuk budidaya.

Agar dapat membudidayakan pakan alami maka harus dikuasai teknik budidayanya yang didasarkan pada pengetahuan aspek biologi dan kimianya yang mencakup: morfologi,

tahapan stadia perkembangbiakkannya, daur hidup dan habitat, kecepatan dan tingkat pertumbuhan, kebiasaan dan cara makan atau unsur hara yang dibutuhkan untuk hidup dan pertumbuhan serta nilai gizi pakan alami.

Pakan alami sangat cocok untuk benih ikan/udang dan ikan hias karena pakan alami sangat mudah dicerna didalam tubuh benih ikan/udang dan ikan hias. Selain itu nilai gizi pakan alami sangat lengkap dan sesuai dengan tubuh ikan, tidak menyebabkan penurunan kualitas air pada wadah budidaya ikan, meningkatkan daya tahan tubuh benih ikan terhadap penyakit dan perubahan kualitas air, mudah ditangkap karena pergerakan pakan alami tidak begitu aktif dan berukuran kecil sesuai dengan bukaan mulut larva.

Pakan alami yang dapat dibudidayakan dan banyak terdapat di alam dapat dikelompokkan menjadi tiga yaitu phytoplankton, zooplankton dan benthos. Phytoplankton adalah organisme air yang melayang-layang mengikuti pergerakan air dan berupa jasad nabati. Dalam siklus hidupnya phytoplankton melakukan proses fotosintesa dan berukuran kecil yaitu terdiri dari satu sel atau beberapa sel. Bentuk phytoplankton antara lain: oval, bulat dan seperti benang.

Phytoplankton yang hidup di dalam perairan ini akan memberikan warna yang khas pada perairan tersebut

seperti berwarna hijau, biru atau coklat. Hal ini dikarenakan didalam tubuh phytoplankton terdapat zat warna atau pigmen. Zat warna atau pigmen ini dapat diklasifikasikan yaitu :

1. Warna biru (Fikosianin)
2. Warna hijau (Klorofil)
3. Warna pirang (Fikosantin)
4. Warna merah (Fikoeritrin)
5. Warna kuning (Xantofil)
6. Warna keemasan (Karoten)

Berdasarkan zat warna yang dimiliki oleh alga ini, maka alga dapat dikelompokkan menjadi :

1. Alga Hijau (Kelas Chlorophyceae)
2. Alga Coklat (Kelas Bacillariophyceae/kelas Phaephyceae)
3. Alga Keemasan (Kelas Chrysophyceae)
4. Alga Merah (Kelas Rhodophyceae)
5. Alga Hijau Kebiruan (Kelas Cyanophyceae)

Beberapa jenis phytoplankton yang sudah dapat dibudidayakan dan dikonsumsi oleh ikan/udang/ikan hias antara lain adalah :

1. Kelas Chlorophyceae, mempunyai ciri-ciri :
 - Bersel tunggal tidak bergerak, misalnya *Chlorococcum*, *Chlorella*.
 - Bersel tunggal dapat bergerak, misalnya *Chlamydomonas*, *Euglena*, *Tetraselmis*.

- Bentuk koloni dapat bergerak, misalnya *Volvox*, *Scenedesmus*.
- Bentuk koloni yang tidak bergerak, misalnya *Hydrodictyon reticulatum*
- Bentuk benang, misalnya *Spyrogyra*, *Oedogonium*
- Bentuk lembaran, misalnya, *Ulva*, *Chara*

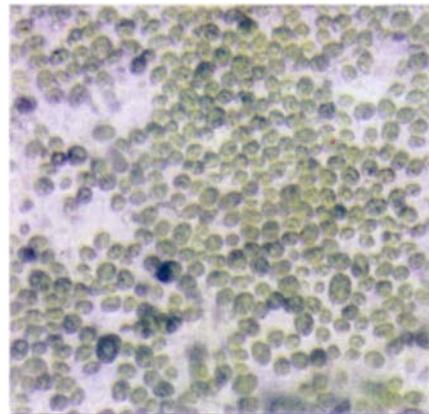
Selain itu ciri-ciri umum yang dimiliki dari alga hijau ini adalah:

- Berwarna hijau rumput karena mengandung khlorofil
 - Mempunyai empat bulu cambuk.
 - Reproduksi sel terjadi secara vegetatif aseksual dan seksual
2. Kelas Bacillariophyceae mempunyai ciri-ciri :
 - Berwarna coklat karena mengandung silikat
 - Berbentuk seperti cawan petri
 - Reproduksi secara pembelahan sel
 - Bersel tunggal, misalnya *Chaetoceros calcitran* dan *Skeletonema costatum*
 3. Kelas Cyanophyceae, mempunyai ciri-ciri :
 - Berwarna hijau kebiruan karena mengandung klorofil dan pigmen kebiru-biruan yaitu phycocyanin
 - Berbentuk benang yang melingkar seperti spiral, misalnya *Spirulina*.

Beberapa aspek biologi dari phytoplankton yang sudah dapat dibudidayakan secara massal antara lain adalah :

1. Aspek biologi *Chlorella* sp. :
 - Alga sel tunggal
 - Bentuknya bulat atau bulat telur
 - Mempunyai khloroplas seperti cawan, dindingnya keras, padat dan garis tengahnya 5 mikron.
 - Perkembangbiakan terjadi secara aseksual, yaitu dengan pembelahan sel atau pemisahan autospora dari sel induknya.
 - Habitatnya adalah tempat-tempat yang basah dan medianya mengandung cukup unsur hara seperti N, P, K dan unsur mikro lainnya (karbon, nitrogen, fosfor, sulfur dan lain-lain)

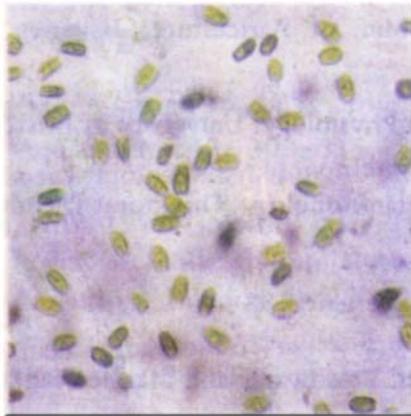
Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 7.1.



Gambar 7.1. *Chlorella* sp

2. Aspek biologi *Tetraselmis* sp.

- Alga sel tunggal yang bergerak aktif
- Mempunyai empat buah flagella dan berukuran 7 – 12 mikron
- Mempunyai kloroplas
- Perkembangbiakan secara asexual yaitu pembelahan sel dan seksual yaitu dengan



bersatunya kloroplas dari gamet jantan dan betina

- Hidup di perairan pantai atau laut dengan kisaran salinitas 27 – 37 permil.

Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 7.2.



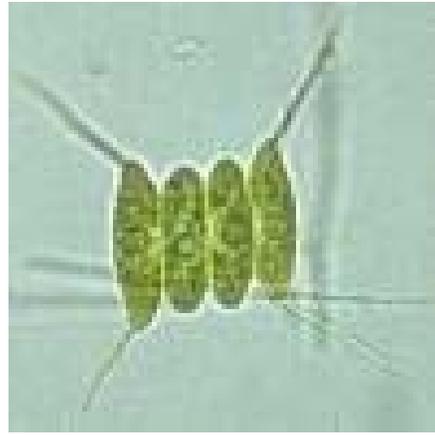
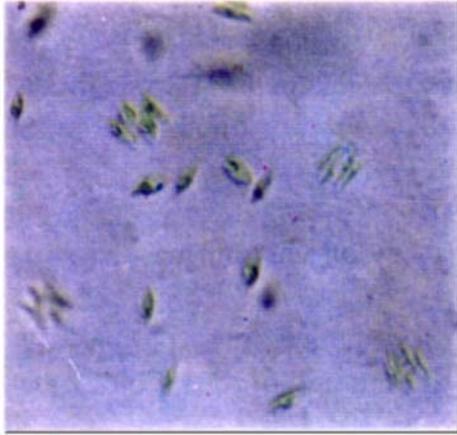
Gambar 7.2. *Tetraselmis* sp

3. Aspek biologi *Scenedesmus* sp.

- Jenis alga yang berkoloni
- Mempunyai kloroplas pada selnya
- Perkembangbiakkannya dengan pembentukan koloni, dari setiap sel induk dapat membentuk sebuah koloni awal yang membebaskan diri

melalui suatu pecahan pada dinding sel induk.

Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 7.3.

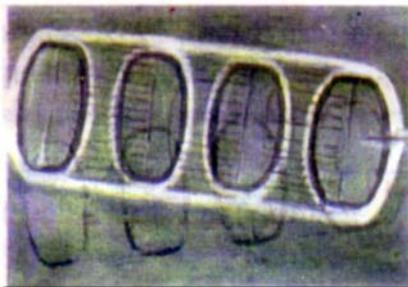


Gambar 7.3. *Scenedesmus* sp

4. Aspek biologi *Skeletonema costatum*

- Bersel tunggal, berukuran 4–6 mikron
- Mempunyai bentuk seperti kotak dengan sitoplasma yang memenuhi sel dan tidak memiliki alat gerak
- Perkembangbiakan melalui pembelahan sel

Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 7.4.

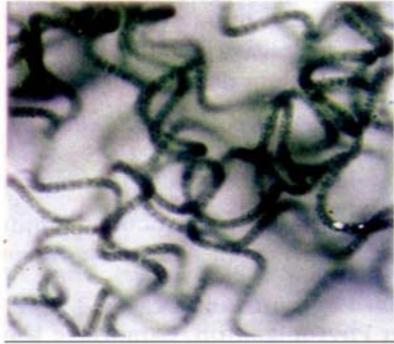


Gambar 7.4. *Skeletonema costatum*

5. Aspek biologi *Spirulina* sp.

- Alga hijau biru yang berbentuk spiral dan memiliki dinding sel tipis yang mengandung murein
- Mempunyai dua macam ukuran yaitu jenis kecil berukuran 1–3 mikron dan jenis besar berukuran 3–12 mikron
- Perkembangbiakan terjadi secara aseksual atau pembelahan sel yaitu dengan memutus filamen menjadi satuan-satuan sel yang membentuk filamen baru.

Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 7.5.



Gambar 7.5. *Spirulina*, sp

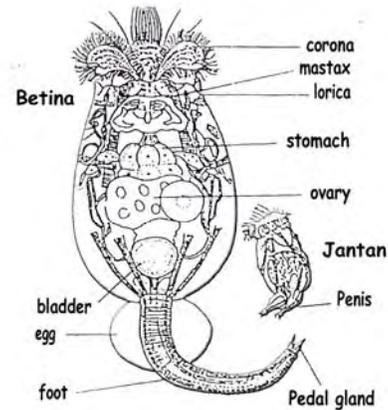
Jenis pakan alami yang kedua adalah zooplankton yaitu organisme air yang melayang-layang mengikuti pergerakan air dan berupa jasad hewani. Jenis zooplankton yang biasa digunakan sebagai makanan larva atau benih ikan/udang/ikan hias dan sudah dapat dibudidayakan secara massal adalah :

1. Rotifera, yaitu *Brachionus* sp.

Ciri-cirinya antara lain adalah :

- Berwarna putih
- Tubuhnya berbentuk seperti piala dan mempunyai panjang 60 – 80 mikron
- Terlihat koronanya dan terdapat bulu getar yang bergerak aktif
- Perkembangbiakannya dilakukan dengan dua cara yaitu secara parthenogenesis dan seksual

Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 7.6.



Gambar 7.6. *Brachionus* sp

2. Brachiopoda, yaitu *Artemia salina*

Ciri-cirinya antara lain adalah :

- Telurnya berwarna coklat dengan diameter 200 – 300 mikron, sedangkan pada saat dewasa berwarna kuning cerah
- Perkembangbiakan dengan dua cara yaitu parthenogenesis dan biseksual
- Nauplius tubuhnya terdiri dari tiga pasang anggota badan yaitu antenula, antenna I yang berfungsi sebagai alat sensor dan antenna II yang berfungsi sebagai alat gerak atau penyaring makanan dan rahang bawah belum sempurna.
- *Artemia* dewasa berukuran 1-2 cm dengan sepasang mata majemuk dan 11 pasang thoracopoda

Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 7.7



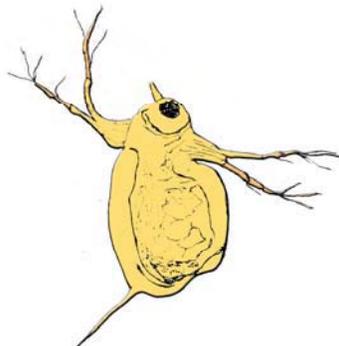
Gambar 7.7. *Artemia salina*

3. Cladocera, yaitu *Moina* sp. Dan *Daphnia* sp.

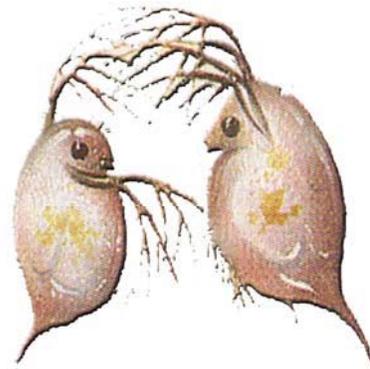
Ciri-cirinya antara lain adalah :

- Berwarna merah karena mengandung haemoglobin
- Bergerak aktif
- Bentuk tubuh membulat untuk moina dan lonjong untuk daphnia
- Perkembangbiakannya secara sexual dan parthenogenesis

Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 7.8 dan 7.9.



Gambar 7.8. *Moina* sp



Gambar 7.9. *Daphnia* sp

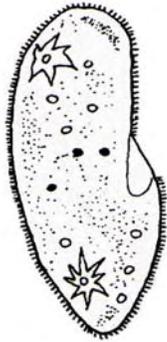
4. Infusaria, yaitu *Pharamecium* sp.

Ciri-cirinya antara lain adalah :

- Bersel tunggal

- Berwarna putih

Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 7.10.



Gambar 7.11. Cacing rambut
(*Tubifex* sp)

Gambar 7.10. *Paramecium*

Jenis pakan alami yang ketiga yang dapat diberikan kepada ikan hias, larva dan benih ikan/udang/ikan hias adalah benthos. Benthos adalah organisma air yang hidupnya di dasar perairan. Benthos yang biasa dimanfaatkan dan dapat dibudidayakan sebagai makanan ikan antara lain adalah cacing rambut atau tubifex dan larva *Chironomus* sp. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 7.11.



Ciri-ciri benthos secara umum antara lain adalah :

- Berwarna merah darah karena banyak mengandung haemoglobin.
- Berbentuk seperti benang yang bersegmen-segmen.

Berdasarkan media tumbuhnya pakan alami dapat dibedakan menjadi dua kelompok yaitu pakan alami air tawar dan pakan alami air laut. Jenis pakan alami air tawar yang sudah banyak dibudidayakan antara lain adalah *Moina*, *Daphnia*, *Brachionus*, *Tubifex* , sedangkan jenis pakan alami air laut yang sudah dibudidayakan adalah jenis-jenis phytoplankton, *Brachionus*, *Artemia salina*.

Dalam membudidayakan pakan alami yang akan diberikan kepada ikan hias dan ikan konsumsi dipilih jenis pakan alami yang relatif mudah dan mempunyai siklus hidup yang singkat. Hal ini bermanfaat untuk menyediakan pakan alami tersebut secara kontinu.

Pada bab ini akan diuraikan secara detail tentang budidaya pakan alami dari kelompok phytoplankton, zooplankton dan benthos.

7.2. BUDIDAYA PHYTOPLANKTON

Agar dapat membudidayakan phytoplankton harus dilakukan beberapa kegiatan yaitu :

1. Persiapan wadah dan peralatan budidaya
2. Penyiapan media budidaya
3. Pemilihan bibit dan menginokulasi bibit
4. Pemeliharaan pakan alami
5. Pemanenan

7.2.1. Wadah dan peralatan budidaya phytoplankton

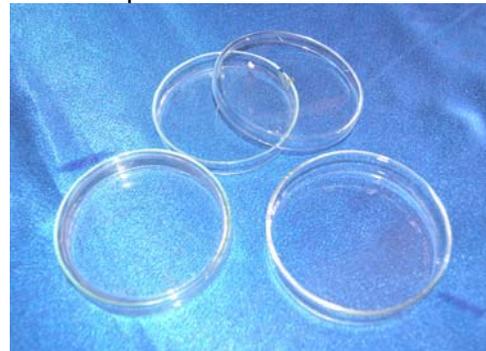
Apakah wadah itu? Wadah adalah tempat yang digunakan untuk memelihara organisme air, dalam hal ini adalah tempat yang digunakan untuk membudidayakan phytoplankton. Ada beberapa jenis wadah yang dapat digunakan untuk membudidayakan phytoplankton. Pemilihan jenis wadah ini sangat bergantung kepada jenis phytoplankton dan sistem kulturnya.

Jenis-jenis wadah yang dapat digunakan untuk budidaya phytoplankton sangat bergantung pada skala produksi. Tahap awal dalam membudidayakan phytoplankton adalah melakukan isolasi dan kultur murni, wadah yang digunakan adalah erlemeyer/toples.



Gambar 7.12. Erlemeyer/toples

Sedangkan peralatannya adalah jarum ose, pipet kaca, tabung reaksi, mikroskop.



Gambar 7.13. Cawan petri



Gambar 7.14. Jarum ose



Gambar 7.15. Pipet kaca



Gambar 7.17. Mikroskop



Gambar 7.16. Tabung reaksi

Pada tahap selanjutnya adalah tahap semi massal dan massal, wadah yang digunakan antara lain adalah bak semen, tanki plastik, bak beton dan bak fiber. Sedangkan peralatan yang dibutuhkan untuk melakukan budidaya phytoplankton secara semi massal dan massal antara lain adalah aerator/blower selang aerasi, batu aerasi, selang air, timbangan, saringan halus/seser, ember, gayung, gelas ukur kaca.



Gambar 7.18. Bak fiber



Gambar 7.19. Aerator

Untuk membedakan antara kultur semi massal dan massal hanya dari volume media yang dapat disimpan didalam wadah tersebut. Oleh karena itu ukuran dari wadah yang akan digunakan sangat menentukan kapasitas produksi dari pakan alami .

Peralatan yang digunakan untuk budidaya phytoplankton mempunyai fungsi yang berbeda-beda, misalnya aerator digunakan untuk mensuplai oksigen pada saat membudidayakan pakan alami skala kecil dan menengah, tetapi apabila sudah dilakukan budidaya secara massal/skala besar maka peralatan yang digunakan untuk mensuplai oksigen kedalam wadah budidaya menggunakan blower. Peralatan selang aerasi berfungsi untuk menyalurkan oksigen dari tabung oksigen kedalam wadah budidaya, sedangkan batu aerasi digunakan untuk menyebarkan oksigen yang terdapat dalam selang aerasi keseluruh permukaan air yang terdapat didalam wadah budidaya.

Selang air digunakan untuk memasukkan air bersih dari tempat penampungan air kedalam wadah budidaya. Peralatan ini digunakan

juga untuk mengeluarkan kotoran dan air pada saat dilakukan pemeliharaan.

Dengan menggunakan selang air akan memudahkan dalam melakukan penyiapan wadah sebelum digunakan untuk budidaya. Peralatan lainnya yang diperlukan dalam membudidayakan phytoplankton adalah timbangan, timbangan yang digunakan boleh berbagai macam bentuk dan skala digitalnya, karena fungsi utama alat ini untuk menimbang bahan yang akan digunakan dalam membudidayakan phytoplankton.

Phytoplankton yang dipelihara didalam wadah pemeliharaan akan tumbuh dan berkembang oleh karena itu harus dipantau kepadatan populasinya didalam wadah. Alat yang digunakan adalah gelas ukur kaca yang berfungsi untuk melihat kepadatan populasi phytoplankton yang dibudidayakan didalam wadah pemeliharaan, mikroskop lengkap dengan haemocytometer untuk menghitung kepadatan phytoplankton didalam wadah budidaya. Selain itu diperlukan juga plakton net atau saringan halus pada saat akan melakukan pemanenan phytoplankton.

Setelah berbagai macam peralatan dan wadah yang digunakan dalam membudidayakan pakan alami phytoplankton diidentifikasi dan dijelaskan fungsi dan cara kerjanya , langkah selanjutnya adalah melakukan persiapan terhadap wadah tersebut. Langkah pertama adalah peralatan dan wadah yang akan digunakan ditentukan sesuai dengan skala produksi dan

kebutuhan. Peralatan dan wadah disiapkan untuk digunakan dalam budidaya phytoplankton. Wadah yang akan digunakan dibersihkan dengan menggunakan sikat dan diberikan desinfektan untuk menghindari terjadinya kontaminasi dengan mikroorganisme yang lain. Untuk wadah dan peralatan budidaya skala laboratorium harus dilakukan pembersihan dilakukan sterilisasi dengan alat autoclave atau dengan larutan chlorin. Wadah yang telah dibersihkan selanjutnya dapat diisi dengan air bersih.

Wadah budidaya yang telah diisi dapat digunakan untuk memelihara phytoplankton. Air yang dimasukkan ke dalam wadah budidaya harus bebas dari kontaminan seperti pestisida, deterjen dan chlor. Air yang digunakan sebaiknya diberi oksigen dengan menggunakan aerator dan batu aerasi yang disambungkan dengan selang aerasi. Aerasi ini dapat digunakan pula untuk menetralkan chlor atau menghilangkan karbondioksida di dalam air.

7.2.2. Penyiapan media budidaya phytoplankton

Bagaimanakah anda melakukan penyiapan media kultur yang akan digunakan untuk membudidayakan phytoplankton secara terkontrol? Apakah media kultur itu? Untuk menjawab pertanyaan tersebut mari kita diskusikan dan pelajari bab pada buku ini atau mencari referensi lain dari internet, majalah dan sebagainya.

Media adalah bahan atau zat sebagai tempat hidup pakan alami. Kultur adalah kata lain dari budidaya yang merupakan suatu kegiatan pemeliharaan organisme. Jadi media kultur adalah bahan yang digunakan oleh suatu organisme sebagai tempat hidupnya selama proses pemeliharaan. Dalam hal ini phytoplankton pada umumnya merupakan organisme air yang hidupnya melayang-layang mengikuti pergerakan air dalam bentuk jasad nabati dan mempunyai ukuran yang relatif sangat kecil dan disebut sebagai mikroorganisme. Oleh karena itu untuk dapat membudidayakan phytoplankton kita harus menyiapkan media yang tepat untuk phytoplankton tersebut agar dapat tumbuh dan berkembang.

Media seperti apakah yang dapat digunakan untuk tumbuh dan berkembang pakan alami dari kelompok phytoplankton ini. Media tempat tumbuhnya pakan alami sangat berbeda untuk setiap jenis pakan alami. Pada subbab sebelumnya sudah dijelaskan berbagai jenis pakan alami yang dapat dibudidayakan. Setiap jenis pakan alami tersebut mempunyai media tumbuh yang berbeda. Di dalam buku ini akan dibicarakan tentang media tumbuh dari phytoplankton.

Jenis phytoplankton yang banyak dibudidayakan pada usaha budidaya perikanan laut adalah *Chlorella*, *Tetraselmis* dan *Skeletonema costatum*. Dari ketiga jenis phytoplankton tersebut secara proses pembuatan medianya hampir sama yang membedakannya adalah

jenis pupuk dan volume media yang digunakan. Media tempat tumbuhnya phytoplankton ini dapat dikelompokkan dalam tiga tahap kegiatan yaitu isolasi dan teknik kultur murni di laboratorium, teknik kultur skala semi massal dan teknik kultur skala massal.

Media Kultur murni

Teknik kultur phytoplankton dalam skala laboratorium dilakukan dalam ruangan tertutup dan ber-AC. Hal ini diperlukan agar suhu selalu terkendali dan mencegah kontak dengan lingkungan luar yang dapat menyebabkan kontaminasi sehingga mengurangi kemurnian phytoplankton yang dikultur. Sumber cahaya yang digunakan agar proses fotosintesis terjadi adalah lampu neon TL dengan kekuatan cahaya 2000 – 8000 lux, sedangkan sumber aerasi menggunakan HI-Blower tersendiri yang dilengkapi dengan saringan untuk memperkecil kontaminasi.

Metode kultur murni phytoplankton di laboratorium untuk memperoleh satu jenis phytoplankton (monospesies) dapat dilakukan dengan beberapa cara yaitu :

1. Metode media agar
2. Metode subkultur
3. Metode pengenceran berseri
4. Metode pipet kapiler

Metode media agar

Metode media agar adalah suatu metode pemurnian individu dari suatu sampel perairan dengan cara

membuat kultur murni dengan menggunakan media agar . Media yang digunakan pada saat inokulasi adalah media agar yang dilengkapi dengan larutan nutrien pengkaya , larutan trace element dan vitamin. Media nutrient tersebut mengandung bahan-bahan kimia yang digunakan untuk sintesis protoplasma pada proses kulturnya. Setelah media kultur skala laboratorium disiapkan langkah selanjutnya adalah melakukan penebaran bibit pakan alami. Sumber nutrient yang digunakan untuk tumbuhnya phytoplankton dalam kultur murni digunakan bahan kimia Pro Analisis (PA) dengan dosis pemakaian 1 ml/liter kultur. Pupuk yang umum digunakan adalah pupuk Conwy dan pupuk Guillard . Pupuk Conwy digunakan untuk phytoplankton hijau sedangkan pupuk Guillard untuk phytoplankton coklat. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel 7.1 dan 7.2. Jenis pupuk yang akan digunakan untuk melakukan kultur murni beberapa jenis phytoplankton sangat bermacam-macam biasanya jenis medium yang digunakan disesuaikan dengan jenis phytoplankton yang akan di kultur secara murni. Pada tabel 7.1 dan 7.2 merupakan komposisi nutrien yang biasa digunakan untuk membuat medium pada jenis phytoplankton dari air laut. Untuk jenis phytoplankton dari perairan tawar dapat dilakukan dengan komposisi nutrien yang berbeda. Berdasarkan hasil penelitian ada beberapa komposisi nutrien untuk membuat medium pada phytoplankton air tawar antara lain adalah media Benneck, media Demer dan media Bristole. Untuk lebih jelasnya

komposisi ketiga media tersebut dapat dilihat pada Tabel 7.3.

Tabel 7.1. Komposisi pupuk pada media stok murni kultur algae

| No. | Bahan kimia | Pupuk Conwy/wayne | Pupuk Guillard |
|-----|---|-------------------|----------------|
| 1. | EDTA | 45 gram | 10 gram |
| 2. | NaH ₂ PO ₄ .2H ₂ O | 20 gram | 10 gram |
| 3. | FeCl ₃ .6H ₂ O | 1,3 gram | 2,9 gram |
| 4. | H ₃ BO ₃ | 33,6 gram | - |
| 5. | MnCl ₂ .4H ₂ O | 0,36 gram | 3,6 gram |
| 6. | NaNO ₃ | 100 gram | 100 gram |
| 7. | Na ₂ SiO ₃ .9H ₂ O | - | 5 gram/30 ml |
| 8. | Trace Metal Solution | 1 ml | 1 ml |
| 9. | Vitamin | 1 ml | 1 ml |
| 10. | Aquades sampai | 1000 ml | 1000 ml |

Tabel 7.2. Komposisi Trace Metal Solution

| No. | Bahan kimia | Pupuk Conwy/Wayne | Pupuk Guillard |
|-----|--|-------------------|----------------|
| 1. | ZnCl ₂ | 2,1 gram | - |
| 2. | CuSO ₄ . 5 H ₂ O | 2,0 gram | 1,96 gram |
| 3. | ZnSO ₄ . 7 H ₂ O | - | 4,40 gram |
| 4. | CoCl ₂ . 6 H ₂ O | 2,0 gram | 2,00 gram |
| 5. | (NH ₄) ₆ . Mo ₇ O ₂₄ . 4 H ₂ O | 0,9 gram | 1,26 gram |
| 6. | Aquabides sampai | 100 ml | 100 ml |

Tabel 7.3. Komposisi pupuk pada phytoplankton air tawar (*Chlorella* sp)

| No. | Bahan kimia | Media Benneck | Media Demer | Media Bristole |
|-----|--------------------------------------|---------------|-------------|----------------|
| 1. | MgSO ₄ | 100 mg/l | 550 mg/l | - |
| 2. | KH ₂ PO ₄ | 200 mg/l | 250 mg/l | 7 g/400ml |
| 3. | NaNO ₃ | 500 mg/l | - | 10g/400 ml |
| 4. | FeCl ₃ | Sedikit | - | - |
| 5. | Ca(NO ₃) ₂ | - | 1000 mg/l | - |
| 6. | KCl | - | 250 mg/l | - |
| 7. | CaCl ₂ .2H ₂ O | - | - | 1 g/400ml |
| 8. | MgSO ₄ .7H ₂ O | -- | - | 3 g/400ml |
| 9. | K ₂ HPO ₄ | - | - | 3 g/400ml |
| 10. | NaCl | - | - | 1 g/400ml |

Pada metode agar ini peralatan yang digunakan adalah mikroskop, peralatan gelas (erlemeyer, beker glass, toples, petri dish, pipet, tabung reaksi), alat penghitung plankton (Haemocytometer, hand counter), alat ukur kualitas air (termometer, refraktometer, pH meter dll), timbangan, oven/autoclave, lemari es, air conditioner, blower, lampu neon. Sedangkan bahan-bahan yang digunakan selain bahan-bahan yang digunakan untuk membuat pupuk ditambah lagi agar difco, formalin, aquades, alkohol, air laut steril.

Kegiatan yang dilakukan dalam melakukan kultur murni untuk semua metode adalah hampir sama, dalam metode media agar kegiatan yang harus dilakukan antara lain adalah :

1. Sterilisasi peralatan dan bahan
2. Pembuatan media agar
3. Kultur di media agar
4. Kultur di media cair
5. Pembuatan pupuk
6. Penghitungan phytoplankton
7. penyimpanan

Sterilisasi peralatan dan bahan yang akan digunakan dapat dilakukan dengan cara :

1. Air laut yang akan digunakan dilakukan sterilisasi dengan berbagai cara diantaranya adalah perebusan selama 10 menit, dengan memberikan sinar ultraviolet atau ozonisasi, penyaringan dengan menggunakan plankton net ukuran 15 mikron atau pemberian larutan chlorine 60 ppm, kemudian diaduk rata selama beberapa menit dan dinetralkan dengan Natrium Thiosulfat 20 ppm.
2. Sedangkan peralatan yang akan digunakan juga dapat dilakukabn dengan beberapa cara diantaranya adala perebusan, perendaman dalam larutan kaporit/chlorine 150 ppm, pemberian alkohol, diautoclave dengan temperature 100°C dengan tekanan 1 atm selama 20 menit atau di oven.

Setelah peralatan dan bahan yang akan digunakan disterilisasi langkah selanjutnya adalah membuat media agarnya dengan cara :

1. Bahan yang akan digunakan untuk membuat media agar adalah 1,5 gram Bacto agar dalam 100 ml air laut di tambah dengan pupuk Conwy untuk green algae dan pupuk silikat untuk Diatomae.
2. Panaskan agar dan media tersebut dengan menggunakan hotplate atau microwave sampai cairannya mendidih dan masukkan kedalam autoclave pada suhu 120°C dengan tekanan 1 atm selama 20 menit .
3. Biarkan agak dingin sebentar kemudian tambahkan vitamin setelah itu larutan agar dan pupuk tersebut dituangkan kedalam petridish atau tabung reaksi dan dibiarkan sampai dingin dan membeku kemudian simpan di dalam lemari es.

Langkah selanjutnya adalah melakukan kultur murni/isolasi plankton pada media agar yang telah disiapkan sebelumnya. Adapun langkah yang harus dilakukan adalah:

1. Ambil contoh air plankton dengan jarum ose yang telah dipanaskan/disterilisasi dan oleskan kepermukaan media agar, pengolesan jarum ose pada media agar ini dilakukan dengan cara zigzag, kemudian tutup dan simpan media agar yang telah digoresi dengan plankton pada suhu kamar dibawah sinar cahaya lampu neon secara terus menerus.

2. Biarkan media tersebut dan biasanya inokulum akan tumbuh setelah 4 – 7 hari dilakukan penggoresan dengan terlihatnya koloni plankton yang tumbuh pada media agar tersebut. Amati dibawah mikroskop koloni tersebut dan ambil koloni yang diinginkan dan dikultur pada media agar miring dalam tabung reaksi yang akan digunakan sebagai bibit.
3. Koloni murni ini selanjutnya diinkubasi pada ruangan ber AC.

Kultur selanjutnya setelah diperoleh koloni murni pada tabung reaksi langkah selanjutnya adalah melakukan kultur koloni plankton yang diperoleh tersebut pada media cair. Kultur murni dimedia cair ini dapat dilakukan dengan berbagai macam media yang sudah biasa dilakukan. Adapun prosedur yang harus dilakukan adalah :

1. Siapkan erlemeyer yang telah disterilisasi
2. Masukkan air laut dan pupuk sesuai dengan media yang diinginkan pada setiap jenis phytoplankton
3. Lakukan inokulasi bibit phytoplankton dari hasil kultur murni
4. Amati pertumbuhan phytoplankton tersebut dengan menghitung kepadatan populasi phytoplankton.

Media yang akan digunakan sebagai pupuk pada media agar ini banyak sekali macamnya antara lain adalah media Zarrouk, media Berneck, media detmer, media allan miquel, media mollish dan media TMRL.

Volume media kultur murni biasanya adalah bertahap mulai dari isolasi dalam tabung rekasi volume 10 – 15 ml, kemudian dipindahkan pada botol erlemeyer dengan volume yang bertahap dari 100 ml, 250 ml, 500 ml dan botol kultur 1 liter yang kemudian dikembangkan dari ukuran 2 liter sampai 30 liter.

Metode subkultur

Metode subkultur adalah suatu metode mengisolasi mikroalga dimana metode ini dapat digunakan jika mikroalga yang kita inginkan bukan mikroalga yang dominan. Peralatan yang digunakan dalam mengisolasi phytoplankton dengan metode ini adalah mikroskop, pipet, autoclave, oven, Haemocytometer, gelas ukur, gelas piala dan tabung rekasi. Bahan-bahan yang digunakan adalah medium Bristole, air tanah, akuades, vitamin B12, vitamin B6, vitamin B1 dan sampel air kolam.

Adapun prosedur yang digunakan dalam metode subkultur ada dua tahapan yaitu pertama melakukan sterilisasi peralatan dan bahan yang akan digunakan, kedua adalah melakukan isolasi.

Sterilisasi dilakukan pada semua alat dan bahan yang akan digunakan dalam kultur mikroalga/phytoplankton. Untuk peralatan gelas seperti pipet, gelas ukur, gelas piala dan tabung reaksi dapat dilakukan dengan cara sebagai berikut :

1. Mencuci semua peralatan tersebut dengan menggunakan sabun yang tidak mengandung deterjen kemudian dibilas sampai bersih.

2. Bilaskan peralatan pada point satu dengan menggunakan HCl 0,1 N dan kemudian dibilas kembali dengan akuades.
3. Biarkan peralatan tersebut kering udara
4. Setelah peralatan kering udara masukkan peralatan tersebut ke dalam autoclave dengan suhu 120°C dengan tekanan 1 atm selama 20 menit atau menggunakan oven dengan suhu 150°C selama 1 jam.
5. Sedangkan untuk bahan yang akan digunakan sebagai media kecuali vitamin, sterilisasi dilakukan dengan cara memakai autoclave pada suhu 120°C dengan tekanan 1 atm selama 15 menit. Karena pemanasan dapat merusak vitamin maka larutan ini disterilisasikan dengan metode penyaringan.

Isolasi mikroalga dengan menggunakan metode subkultur dapat dilakukan dengan mengikuti prosedur sebagai berikut :

1. Siapkan air tanah dengan melarutkan 1 sendok teh tanah kering dalam 200 ml air, kemudian tempatkan dalam wadah yang tertutup. Kukus media selama dua jam pada dua hari berturut-turut, kemudian dinginkan dalam suhu ruang atau di lemari es selama 24 jam sebelum digunakan.
2. Buat medium air tanah dengan cara mencampurkan 960 ml medium Bristol dengan 40 ml air tanah.
3. Ambil masing-masing 1 ml sampel air kolam kemudian encerkan 10 kali

4. Ambil masing-masing 1 ml sampel air kolam yang sudah diencerkan tadi lalu masukkan masing-masing kedalam tabung reaksi yang sudah berisi 9 ml media Bristol dan media air tanah.
 5. Letakkan tabung reaksi dalam rak kemudian di tempatkan dibawah lampu dan amati pertumbuhan dan jenis mikroalga yang tumbuh pada masing-masing media.
3. Lakukan pengenceran seperti tahapan ke dua tersebut sampai lima kali pengenceran.
 4. Susun semua tabung reaksi tersebut dalam rak tabung reaksi kemudian letakkan di bawah cahaya lampu.
 5. Amati pertumbuhan dan jenis mikroalga yang tumbuh dominan selama 7 hari dibawah mikroskop dan hitung populasi kepadatan mikroalga atau phytoplankton dengan menggunakan Haemocytometer.

Metode Pengenceran Berseri

Metode pengenceran berseri merupakan salah satu metode yang digunakan untuk mengisolasi mikroalga atau phytoplankton jika jenis mikroalga atau phytoplankton yang kita inginkan adalah jenis yang dominan. Adapun peralatan yang digunakan adalah sama dengan metode subkultur, sedangkan bahan yang digunakan adalah medium Bristol, akuades, sampel air kolam, vitamin B12, vitamin B6 dan vitamin B1.

Peralatan dan bahan yang akan digunakan dalam metode pengenceran berseri dilakukan isolasi. Isolasi peralatan dan bahan yang akan digunakan sama dengan metode subkultur. Sedangkan prosedur isolasi dengan cara pengenceran berseri dengan prosedur sebagai berikut :

1. Ambil sampel air kolam sebanyak 1 ml kemudian diencerkan dengan cara dimasukkan dalam tabung reaksi yang telah berisi 9 ml medium Bristol lalu aduk.
2. Ambil lagi 1 ml sampel dari tabung reaksi pada tahap 1 tersebut, kemudian masukkan

Metode Pipet Kapiler

Metode kultur murni dengan menggunakan metode pipet kapiler dapat dilakukan dengan cara sel mikroalga atau phytoplankton yang akan dikultur dipisahkan dengan menggunakan pipet kapiler steril lalu dipindahkan ke dalam media yang sesuai. Pipet yang akan digunakan untuk metode ini adalah pipet yang mempunyai diameter berkisar antara 3 – 5 kali besar phytoplankton yang akan diisolasi dan pipetnya dilakukan pembakaran pada bagian ujungnya. Proses isolasi ini dilakukan dibawah mikroskop dengan cara mengambil phytoplankton yang diperoleh dengan menggunakan alat plankton net. Kemudian phytoplankton tersebut dilakukan penyaringan dan diteteskan pada gelas obyek. Dengan menggunakan pipet kapiler ambil tetesan pytoplankton tersebut dan amati dibawah mikroskop. Kemudian pytoplankton tersebut dikultur dalam tabung reaksi volume

10 ml yang telah diperkaya dengan jenis pupuk yang sesuai dengan phytoplankton yang akan diisolasi dan lakukan pengamatan jenis phytoplankton yang tumbuh dibawah mikroskop setiap hari dan lakukan kegiatan tersebut sampai diperoleh jenis phytoplankton yang diinginkan.

Media kultur semi massal dan massal

Media yang digunakan untuk teknik kultur phytoplankton skala semi massal berbeda dengan teknik kultur murni. Pada teknik kultur ini

dilakukan diruang terbuka tetapi beratap transparan agar bisa memanfaatkan sinar matahari. Kegiatan ini umumnya dilakukan dalam akuarium bervolume 100 liter sampai dengan bak fiber 0,3 m³. Bibit yang digunakan untuk kultur semi massal berasal dari kultur murni. Bibit yang digunakan diambil sebanyak 5 – 10% dari volume total yang akan dikultur. Pupuk yang digunakan adalah pupuk teknis dan sewaktu-waktu dapat menggunakan pupuk laboratorium. Komposisi jenis pupuk yang digunakan pada media kultur dapat dilihat pada Tabel 7.4.

Tabel 7.4. Komposisi pupuk phytoplankton Semi Massal

| No. | Bahan kimia | Pupuk Conwy | Pupuk Guillard | Pupuk TMRL | Pupuk BBL SM |
|-----|-------------------------------------|-------------|----------------|------------|--------------|
| 1. | NaNO ₃ /KNO ₃ | 100 gr | 84,2 gr | 100 gr | 50 gr |
| 2. | Na ₂ EDTA | 5 gr | 10 gr | - | 5 gr |
| 3. | FeCl ₃ | 1,3 gr | 2,9 gr | 3 gr | 1 gr |
| 4. | MnCl ₂ | 0,36 gr | 0,36 gr | - | - |
| 5. | H ₃ BO ₃ | 33,6 gr | - | - | - |
| 6. | Na ₂ HPO ₄ | 20 gr | 10 gr | 10 gr | 10 gr |
| 7. | Na ₂ SiO ₃ | - | 50 gr | 1 gr | 15 ml |
| 8. | Trace metal Solution | 1 ml | 1 ml | - | 0,5 ml |
| 9. | Vitamin | 1 ml | 1 ml | - | 1 ml |
| 10. | Aquabides | 1000 ml | 1000 ml | 1000 ml | 1000 ml |
| 11. | Urea | - | - | - | 40 gr |
| 12. | ZA | - | - | - | 30 gr |

Teknik kultur phytoplankton selanjutnya adalah teknik kultur skala massal, dengan menggunakan bibit dari hasil kultur skala semi massal. Volume media kultur semi massal 100 liter sampai 0,3 meterkubik.

Teknik kultur yang terakhir adalah teknik kultur skala massal dimana pada teknik ini bibit yang digunakan berasal dari teknik skala semi massal. Kegiatan ini dilakukan pada bak-bak kultur berukuran besar dan dilakukan diluar ruangan dengan volume

berkisar antara 40 – 100 meterkubik. Media kultur yang dibuat pada tahap ini menggunakan pupuk teknis

seperti urea, ZA, TSP. Komposisi pupuk untuk teknik kultur secara massal dapat dilihat pada Tabel 7.5.

Tabel 7.5. Komposisi pupuk kultur massal

| No. | Bahan kimia | Pupuk Yashima (ppm) | Pupuk diatom (ppm) | Pupuk Phyto A (ppm) | Pupuk Phyto B (ppm) | Pupuk Phyto C (ppm) |
|-----|----------------|---------------------|--------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| 1. | Urea | 10 | 30 | 30 | 50 | 50 |
| 2. | ZA | 100 | 40 | 30 | 20 | 50 |
| 3. | TSP | 10 | 20 | 10-15 | 10-15 | 15-20 |
| 4. | Molase/orgami | - | 10 | 10 | 10 | 15 |
| 5. | Silikat Teknis | - | 5-20 | - | - | - |

Langkah kerja dalam menyiapkan media tempat tumbuhnya pakan alami phytoplankton semi massal dan massal adalah :

1. Siapkan alat dan bahan yang akan digunakan dan sebutkan fungsi dan cara kerja peralatan tersebut!
2. Tentukan wadah yang akan digunakan untuk membudidayakan pakan alami !
3. Bersihkan wadah dengan menggunakan sikat dan disiram dengan air bersih, kemudian lakukan pembersihan wadah dengan menggunakan desinfektan sesuai dengan dosisnya.
4. Bilaslah wadah yang telah dibersihkan dengan menggunakan air bersih.
5. Pasanglah peralatan aerasi dengan merangkaikan antara aerator, selang aerasi dan batu aerasi, masukkan kedalam wadah budidaya. Ceklah keberfungsian peralatan tersebut

dengan memasukkan kedalam arus listrik.

6. Masukkan air bersih yang tidak terkontaminasi kedalam wadah budidaya dengan menggunakan selang plastik dengan kedalaman air yang telah ditentukan.
7. Tentukan media tumbuh yang akan digunakan dan hitung jumlah pupuk yang dibutuhkan sesuai dengan dosis yang telah ditetapkan.
8. Timbanglah pupuk sesuai dengan dosis yang telah ditentukan.
9. Buatlah larutan terhadap berbagai macam pupuk pada wadah yang sesuai, jika sudah terbentuk larutan masukkan kedalam wadah yang digunakan untuk budidaya pakan alami
10. Media tempat tumbuhnya pakan alami siap untuk ditebari dengan bibit sesuai dengan kebutuhan produksi

7.2.3 Penebaran bibit/ Inokulasi

Setelah media tempat tumbuhnya pakan alami disiapkan langkah selanjutnya adalah melakukan penebaran bibit pakan alami. Peristilahan penebaran bibit pakan alami biasanya menggunakan kata melakukan inokulasi bibit pakan alami kedalam media tempat tumbuhnya pakan alami. Apakah inokulasi itu? Bagaimana anda melakukan inokulasi/menebar bibit pakan alami pada media kultur? Dalam buku ini akan diuraikan secara singkat tentang seleksi/pemilihan bibit pakan alami yang akan diinokulasi dan cara melakukan inokulasi pada media kultur pakan alami.

Kata inokulasi diambil dari bahasa Inggris yaitu *inoculate* yang mempunyai arti menyuntik atau memberi vaksinasi. Dalam peristilahan dunia perikanan diterjemahkan menjadi memasukkan bibit pakan alami kedalam media kultur dengan cara disuntikkan atau ditebar secara langsung. Digunakan peristilahan ini karena yang ditebarkan kedalam media kultur adalah mikroorganisme yang memiliki ukuran kecil antara 45 – 300 μm .

Ada beberapa langkah yang harus dilakukan sebelum melakukan inokulasi bibit pakan alami kedalam media kultur yaitu pertama melakukan identifikasi jenis bibit pakan alami, kedua melakukan seleksi terhadap bibit pakan alami, ketiga melakukan inokulasi bibit pakan alami sesuai dengan prosedur. Identifikasi pakan alami perlu dilakukan agar tidak terjadi kesalahan dalam melakukan

inokulasi. Identifikasi jenis-jenis pakan alami air laut telah dipelajari pada bab sebelumnya. Oleh karena itu dalam bahasan selanjutnya diharapkan sudah dikuasai dan dipahami tentang jenis-jenis pakan alami yang akan dibudidayakan. Ada beberapa jenis phytoplakton yang merupakan pakan alami bagi ikan hias maupun ikan konsumsi.

Langkah selanjutnya setelah dapat mengidentifikasi jenis-jenis pakan alami yang akan ditebar kedalam media kultur adalah melakukan pemilihan terhadap bibit pakan alami. Pemilihan bibit pakan alami yang akan ditebar kedalam media kultur harus dilakukan dengan tepat. Bibit yang akan ditebar kedalam media kultur harus yang sudah dewasa. Perkembangbiakan pakan alami di dalam media kultur dapat dilakukan dengan dua cara yaitu secara seksual dan asexual. Perkembangbiakan secara asexual (tidak kawin) yang disebut dengan Parthenogenesis terjadi dalam keadaan normal.

Pakan alami mempunyai umur hidup yang relatif singkat, untuk kelompok phytoplankton hanya dibutuhkan waktu beberapa hari saja sudah mencapai puncak populasi dan akan mati. Setelah dilakukan seleksi bibit pakan alami dari kelompok phytoplankton dilakukan penebaran bibit pakan alami sesuai dengan jenis dan volume media kultur yang telah ditentukan. Kultur pakan alami phytoplankton biasanya untuk kebutuhan produksi menggunakan teknik kultur massal dan bibit yang ditebarkan pada teknik kultur massal ini berasal dari teknik kultur semi massal, sedangkan bibit yang

digunakan pada teknik kultur semi massal berasal dari kultur murni. Bibit yang dibudidayakan dari kultur murni berasal dari hasil inokulasi dari alam yaitu perairan laut atau perairan tawar. Padat penebaran bibit phytoplankton ini sangat bergantung kepada volume media, waktu pemanenan dan kebutuhan produksi.

Cara yang dilakukan dalam melakukan inokulasi adalah dengan menebarkannya secara hati-hati kedalam media kultur sesuai dengan padat tebar yang telah ditentukan. Penebaran bibit pakan alami ini sebaiknya dilakukan pada saat suhu perairan tidak terlalu tinggi yaitu pada pagi dan sore hari.

Langkah kerja dalam menebar bibit phytoplankton

1. Siapkan alat dan bahan yang akan digunakan sebelum melakukan inokulasi/penebaran bibit pakan alami !
2. Siapkan mikroskop dan peralatannya untuk mengidentifikasi jenis pakan alami yang akan dibudidayakan!
3. Ambillah sampel pakan alami dengan menggunakan pipet dan letakkan diatas objec glass.
4. Letakkan objec glass dibawah mikroskop dan amati morfologi pakan alami serta cocokkan dengan gambar sebelumnya.
5. Lakukan pengamatan terhadap individu pakan alami beberapa kali ulangan agar dapat membedakan tahapan stadia pada pakan alami yang sedang diamati dibawah mikroskop !
6. Lakukanlah pemilihan bibit yang akan ditebarkan kedalam media

kultur dan letakkan dalam wadah yang terpisah!

7. Tentukan padat penebaran yang akan digunakan dalam budidaya pakan alami tersebut sebelum dilakukan penebaran.
8. Hitunglah jumlah bibit yang akan ditebar tersebut sesuai dengan point 7.
9. Lakukan penebaran bibit pakan alami pada pagi atau sore hari dengan cara menebarkannya secara perlahan-lahan kedalam media kultur.

7.2.4. Pemeliharaan dan pemanenan Phytoplankton

Pada subbab ini akan dibahas beberapa contoh dalam melakukan pemeliharaan dan pemanenan Phytoplankton antara lain adalah *Chlorella*, *Tetraselmis* dan *Skeletonema costatum*.

Chlorella

Penyiapan Bibit

1. Alat-alat yang akan digunakan dicuci dengan deterjen, kemudian dibilas dengan larutan klorin 150 ppm
2. Dalam wadah 1 galon:
 - Menggunakan stoples atau botol "carboys", slang aerasi, dan batu aerasi
 - Botol diisi medium \pm 3 liter, untuk *Chlorella* air laut menggunakan medium dengan kadar garam 15 permil, dan untuk *Chlorella* air tawar dapat menggunakan air

- tawar yang disaring dengan kain saringan 15 mikron
- Air disterilkan dengan cara mendidihkan, klorinasi, atau penyinaran dengan lampu ultraviolet
 - Pemupukan dengan menggunakan ramuan Allen-Miguel, yang terdiri dari 2 larutan, yaitu: (1) Larutan A, terdiri dari 20 gram KNO₃ dalam 100 ml air suling; (2) Larutan B, terdiri dari: 4 gram Na₂HPO₄.12H₂O; 2 gram CaCl₂.6H₂O; 2 gram FeCl₃; dan 2 ml HCl; semuanya dilarutkan dalam 80 ml air suling
 - Setiap 1 liter medium, menggunakan 2 ml larutan A dan 1 ml larutan B
3. Dalam wadah 60 liter atau 1 ton
- Wadah dicuci dan dibebashamakan. Air untuk medium harus disaring. Medium dipupuk dengan jenis dan takaran: 100 mg/liter pupuk TSP, Urea sebanyak 10-15 mg/liter dan pupuk KCl sebanyak 10-15 mg/l
 - Untuk pertumbuhan dalam wadah besar (1ton) cukup menggunakan urea dengan takaran 50 gram/m³
- Pemeliharaan**
1. Dalam wadah 1 galon :
- Bibit ditebar dalam medium yang telah diberi pupuk, sampai airnya berwarna agak kehijau-hijauan. Bibit yang masuk disaring dengan saringan 15 mikron
 - Wadah disimpan di dalam ruang laboratorium di bawah penyinaran lampu neon, dan air diudarai terus-menerus
 - Setelah ± 5 hari, *Chlorella* sudah tumbuh dengan kepadatan sekitar 10 juta sel/ml. Airnya berwarna hijau segar
 - Hasil penumbuhan ini digunakan sebagai bibit pada penumbuhan dalam wadah yang lebih besar.
2. Dalam wadah 60 liter atau 1 ton :
- Untuk wadah 60 liter membutuhkan 1 galon bibit dan untuk wadah 1 ton membutuhkan 5 galon bibit
 - Selain dipupuk, dapat dilepaskan ikan mujair besar 4-5 ekor/m² yang diberi makan pelet secukupnya, bertujuan sebagai penghasil pupuk organik dari kotorannya
 - Wadah disimpan dalam ruangan yang kena sinar matahari langsung
 - Setelah 5 hari pertumbuhan terjadi dan pada puncaknya dapat mencapai kepadatan 5 juta sel/ml
 - Secara berkala medium perlu dipupuk susulan, penambahan air baru, dan pemberian obat pemberantas hama
- Pemanenan**
- Chlorella* dipanen dari perairan masal 60 l/ 1 ton dan dapat langsung diumpankan pada ikan.
- Tetraselmis**
- Penyiapan Bibit
1. Dalam wadah 1liter
- Dapat menggunakan botol erlenmeyer. Botol, slang

- plastik, dan batu aerasi dicuci dengan deterjen dan dibilas dengan larutan klorin 150 ml/ton
- Wadah diisi air medium dengan kadar garam 28 permil yang telah disaring dengan saringan 15 mikron. Kemudian disterilkan dengan cara direbus, diklorin 60 ppm dan dinetralkan dengan 20 ppm $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$, atau disinari lampu ultraviolet
 - Medium dipupuk dengan jenis dan takaran sebagai berikut :
 - Natrium nitrat – $\text{NaNO}_3 = 84 \text{ mg/l}$
 - Natrium dihidrofosfat- $\text{NaH}_2\text{PO}_4 = 10 \text{ mg/l}$ atau Natrium fosfat- $\text{Na}_3\text{PO}_4 = 27,6 \text{ mg/l}$ atau Kalsium fosfat- $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 = 11,2 \text{ mg/l}$
 - Besi klorida – $\text{FeCl}_3 = 2,9 \text{ mg/l}$
 - EDTA (Ethylene dinitrotetraacetic acid) = 10 mg/l
 - Tiamin-HCl (vitamin B1) = $9,2 \text{ mg/l}$
 - Biotin = 1 mikrogram/l
 - Vitamin B12 = 1 mikrogram/l
 - Tembaga sulfat kristal $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O} = 0,0196 \text{ mg/l}$
 - Seng sulfat kristal $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O} = 0,044 \text{ mg/l}$
 - Natrium molibdat- $\text{NaMoO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O} = 0,02 \text{ mg/l}$
 - Mangan klorida kristal- $\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O} = 0,0126 \text{ mg/l}$
- Kobalt korida kristal- $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O} = 3,6 \text{ mg/l}$
2. Dalam wadah 1 galon (3 liter):
 - Dapat menggunakan botol “carboys” atau stoples
 - Persiapan sama dengan dalam wadah 1 liter
 - Medium dipupuk dengan jenis dan takaran sebagai berikut :
 - Urea – $46 = 100 \text{ mg/l}$
 - Kalium hidrofosfat – $\text{K}_2\text{HPO}_4 = 10 \text{ mg/l}$
 - Agrimin = 1 mg/l
 - Besi klorida – $\text{FeCl}_3 = 2 \text{ mg/l}$
 - EDTA (Ethylene Dinitro Tetraacetic Acid) = 2 mg/l
 - Vitamin B1 = $0,005 \text{ mg/l}$
 - Vitamin B12 = $0,005 \text{ mg/l}$
 3. Dalam wadah 200 liter dan 1 ton
 - Wadah 200 liter dapat menggunakan akuarium, dan untuk 1 ton menggunakan bak dari kayu, bak semen, atau bak fiberglass
 - Persiapan lain sama
 - Medium dipupuk dengan jenis dan takaran sebagai berikut :
 - Urea-46 = 100 mg/liter
 - Pupuk 16-20-0 = 5 mg/liter
 - Kalium hidrofosfat- $\text{K}_2\text{HPO}_4 = 5 \text{ mg/liter}$ atau Kalium dihidrofosfat- $\text{K}_2\text{H}_2\text{PO}_4 = 5 \text{ mg/liter}$
 - Agrimin = 1 mg/liter
 - Besi klorida- $\text{FeCl}_3 = 2 \text{ mg/liter}$
 - Untuk wadah 1 ton dapat hanya menggunakan urea $60 - 100 \text{ mg/liter}$ dan TSP $20 - 50 \text{ mg/liter}$

Pemeliharaan

1. Dalam wadah 1 liter :

- Bibit ditebar dalam medium yang telah diberi pupuk sebanyak 100.000 sel/ml. Airnya diudarai terus-menerus dan wadah diletakkan dalam ruang ber-AC, dan di bawah sinar lampu neon
- Setelah 4-5 hari telah berkembang dengan kepadatan 4 - 5 juta sel/ml. Hasilnya digunakan sebagai bibit pada penumbuhan berikutnya

2. Dalam wadah 1 galon (3 liter) :

- Bibit dari penumbuhan dalam wadah 1 liter, ditebar dalam medium yang telah diberi pupuk, untuk setiap galon membutuhkan bibit 100 ml, hingga kepadatan mencapai 100.000 sel/ml
- Wadah ditaruh di dalam ruangan ber-AC, di bawah lampu neon, dan airnya diudarai terus-menerus
- Setelah 4-5 hari telah berkembang dengan kepadatan 4-5 juta sel/ml. Hasilnya digunakan sebagai bibit pada penumbuhan berikutnya

3. Dalam wadah 200 liter dan 1 ton

- Wadah 200 liter membutuhkan 3 galon bibit, sedangkan wadah 1 ton 100 liter
- Dalam waktu 4-5 hari mencapai puncak perkembangan dengan kepadatan 2-4 juta sel/ml

- Hasil penumbuhan di wadah 200 ton digunakan sebagai bibit untuk penumbuhan di wadah 1 ton, sedangkan dari wadah 1 ton dapat digunakan sebagai pakan

Pemanenan

Cara pemanenan langsung diumpankan dan diambil dari budidaya masal 1 ton.

Kultur *Skeletonema costatum* dalam gelas erlemeyer 1 liter

1. Gelas erlemeyer, selang dan batu aerasi dibersihkan dengan cara dicuci bersih dengan deterjent kemudian dibilas dengan Chlorin 150 ppm (150 ml chlorine dalam 1000 liter air)
2. Siapkan larutan pupuk A,B,C dan D. Larutan pupuk A adalah campuran antara 20,2 g KNO_3 dengan 100 cc aquadest. Larutan pupuk B adalah campuran antara 2,0 g Na_2HPO_4 dengan 100 cc aquadest. Larutan pupuk C adalah campuran antara 1,0 g Na_2SiO_3 dengan 100 cc aquadest. Larutan D adalah 1,0 g FeCl_3 dengan 20 cc aquadest.
3. Perbandingan antara air laut dengan pupuk adalah 1 liter air laut diberi larutan A, B, dan C masing-masing 1 cc dan 4 tetes larutan D.
4. Masukkan air laut yang telah disterilisasi dan dicampur dengan pupuk kedalam wadah sebanyak 300 – 500 cc dan ukur kadar garamnya, kadar garam (salinitas) yang baik untuk kultur

Skeletonema costatum adalah 28 – 35 ppt

5. Tebar bibit *Skeletonema costatum* dengan padat penebaran (N_2) sekitar 70.000 sel per cc. Volume *Skeletonema costatum* yang dibutuhkan untuk penebaran (V_1) dapat dihitung dengan rumus :

$$V_1 = \frac{N_2 \times V_2}{N_1} \text{ (dalam cc atau liter)}$$

dimana :

V_1 : Volume *Skeletonema costatum* yang diperlukan untuk penebaran

V_2 : Volume kultur *Skeletonema costatum* yang dibuat dalam gelas erlemeyer

N_1 : Jumlah *Skeletonema costatum* per cc yang akan ditebar

N_2 : Jumlah *Skeletonema costatum* per cc yang dikehendaki dalam penebaran (dalam hal ini misalnya ditentukan yaitu 70.000 sel per cc)

Makin tinggi jumlah N_2 makin cepat kultur ini mencapai kepadatan maksimal , oleh karena itu dalam menentukan besarnya N_2 harus perlu dipertimbangkan pementaannya.

Dengan kepadatan awal 70.000 sel diharapkan dalam waktu 3 – 4 hari sudah mencapai puncaknya dan siap dipanen.

6. Aerasi dipasangkan kedalam wadah budidaya yang bertujuan untuk meningkatkan kandungan Oksigen yang diperlukan dalam

proses metabolisme dan mencegah pengendapan plankton.

7. Botol kultur diletakkan dibawah cahaya lampu neon (TL) sebagai sumber energi untuk fotosintesa.
8. Dalam waktu 3 – 4 hari perkembangan diatom mencapai puncaknya yaitu 6 – 7 juta sel per cc dan siap untuk dipanen dan dapat digunakan sebagai bibit pada budidaya skala semi massal

Cara Menghitung Kepadatan Phytoplankton

1. Teteskan alga diatas permukaan gelas preparat dibagian tengah, kemudian tutup dengan gelas penutup maka air akan menutupi permukaan gelas yang bergaris. Luas permukaan yang bergaris adalah 1 mm persegi dan tinggi atau jarak cairan alga antara permukaan gelas bagian tengah dan gelas penutup juga diketahui yaitu 0,1 mm , maka volume air diatas permukaan bergaris sama dengan $1 \text{ mm}^2 \times 0,1 \text{ mm} = 0,1 \text{ mm}^3$ ($0,0001 \text{ cm}^3$).
2. Hitunglah jumlah plankton yang terdapat dalam kotak dan lakukan perhitungan :
 - Jika dihitung dalam 400 kotak: Jumlah sel $\times 10.000/\text{ml}$
 - Jika dihitung hanya beberapa kotak : rata-rata jumlah sel/kotak $\times 400 \text{ kotak} \times 10.000/\text{ml}$

7.3. BUDIDAYA ZOOPLANKTON

7.3.1. Budidaya Daphnia

Wadah dan peralatan Budidaya Daphnia

Peralatan dan wadah yang dapat digunakan dalam mengkultur pakan alami daphnia ada beberapa macam. Jenis-jenis wadah yang dapat digunakan antara lain adalah bak semen, tanki plastik, bak beton, bak fiber dan kolam tanah. Sedangkan peralatan yang dibutuhkan untuk melakukan budidaya Daphnia antara lain adalah aerator/blower, selang aerasi, batu aerasi, selang air, timbangan, kantong plastik, tali rafia, saringan halus/seser, ember, gayung, gelas ukur kaca.

Pemilihan wadah yang akan digunakan dalam membudidayakan daphnia sangat bergantung kepada tujuannya. Wadah yang terbuat dari bak semen, bak beton, bak fiber dan tanki plastik biasanya digunakan untuk membudidayakan daphnia secara selektif yaitu membudidayakan pakan alami ditempat terpisah dari ikan yang akan mengkonsumsi pakan alami. Sedangkan wadah budidaya kolam tanah biasanya dilakukan untuk membudidayakan pakan alami nonselektif yaitu membudidayakan pakan alami secara bersama-sama dengan ikan yang akan mengkonsumsi pakan alami tersebut. Oleh karena itu ukuran dari wadah yang akan digunakan sangat menentukan kapasitas produksi dari pakan alami daphnia.

Peralatan yang digunakan untuk budidaya pakan alami daphnia mempunyai fungsi yang berbeda-beda, misalnya aerator digunakan untuk mensuplai oksigen pada saat membudidayakan pakan alami skala kecil dan menengah, tetapi apabila sudah dilakukan budidaya secara massal/skala besar maka peralatan yang digunakan untuk mensuplai oksigen kedalam wadah budidaya menggunakan blower. Peralatan selang aerasi berfungsi untuk menyalurkan oksigen dari tabung oksigen kedalam wadah budidaya, sedangkan batu aerasi digunakan untuk menyebarkan oksigen yang terdapat dalam selang aerasi keseluruh permukaan air yang terdapat didalam wadah budidaya.

Selang air digunakan untuk memasukkan air bersih dari tempat penampungan air kedalam wadah budidaya. Peralatan ini digunakan juga untuk mengeluarkan kotoran dan air pada saat dilakukan pemeliharaan. Dengan menggunakan selang air akan memudahkan dalam melakukan penyiapan wadah sebelum digunakan untuk budidaya. Peralatan lainnya yang diperlukan dalam membudidayakan daphnia adalah timbangan, timbangan yang digunakan boleh berbagai macam bentuk dan skala digitalnya, karena fungsi utama alat ini untuk menimbang bahan yang akan digunakan dalam membudidayakan daphnia. Bahan yang telah ditimbang tersebut selanjutnya bisa diletakkan didalam wadah plastik atau kantong plastik dan diikat dengan menggunakan karet plastik. Bahan yang telah terbungkus dengan

kantong plastik tersebut selanjutnya dimasukkan kedalam media budidaya daphnia.

Daphnia yang dipelihara didalam wadah pemeliharaan akan tumbuh dan berkembang oleh karena itu harus dipantau kepadatan populasi daphnia didalam wadah. Alat yang digunakan adalah gelas ukur kaca yang berfungsi untuk melihat kepadatan populasi daphnia yang dibudidayakan didalam wadah pemeliharaan. Selain itu diperlukan juga saringan halus pada saat akan melakukan pemanenan daphnia. Daphnia yang telah dipanen tersebut dimasukkan kedalam ember plastik untuk memudahkan dalam pengangkutan dan digunakan juga gayung plastik untuk mengambil media air budidaya daphnia yang telah diukur kepadatannya.

Setelah berbagai macam peralatan dan wadah yang digunakan dalam membudidayakan pakan alami daphnia diidentifikasi dan dijelaskan fungsi dan cara kerjanya, langkah selanjutnya adalah melakukan persiapan terhadap wadah tersebut. Langkah pertama adalah peralatan dan wadah yang akan digunakan ditentukan sesuai dengan skala produksi dan kebutuhan. Peralatan dan wadah disiapkan untuk digunakan dalam budidaya daphnia. Wadah yang akan digunakan dibersihkan dengan menggunakan sikat dan diberikan desinfektan untuk menghindari terjadinya kontaminasi dengan mikroorganisme yang lain. Wadah yang telah dibersihkan selanjutnya dapat diisi dengan air bersih.

Wadah budidaya yang telah diisi dapat digunakan untuk memelihara daphnia. Air yang dimasukkan kedalam wadah budidaya harus bebas dari kontaminan seperti pestisida, deterjen dan chlor. Air yang digunakan sebaiknya diberi oksigen dengan menggunakan aerator dan batu aerasi yang disambungkan dengan selang aerasi. Aerasi ini dapat digunakan pula untuk menetralkan chlor atau menghilangkan Carbondioksida didalam air. Kedalaman air didalam wadah budidaya yang optimum adalah 50 cm dan maksimum adalah 90 cm.

Langkah kerja dalam menyiapkan wadah budidaya Daphnia adalah sebagai berikut :

1. Siapkan alat dan bahan yang akan digunakan dan sebutkan fungsi dan cara kerja peralatan tersebut!
2. Tentukan wadah yang akan digunakan untuk membudidayakan daphnia !
3. Bersihkan wadah dengan menggunakan sikat dan disiram dengan air bersih, kemudian lakukan pembersihan wadah dengan menggunakan desinfektan sesuai dengan dosisnya.
4. Bilaslah wadah yang telah dibersihkan dengan menggunakan air bersih.
5. Pasanglah peralatan aerasi dengan merangkaikan antara aerator, selang aerasi dan batu aerasi, masukkan kedalam wadah budidaya. Ceklah keberfungsian peralatan tersebut dengan memasukkan kedalam arus listrik.

6. Masukkan air bersih yang tidak terkontaminasi kedalam wadah budidaya dengan menggunakan selang plastik dengan kedalaman air yang telah ditentukan, misalnya 60 cm.

Media Budidaya Daphnia

Bagaimanakah anda melakukan penyiapan media kultur yang akan digunakan untuk membudidayakan pakan alami Daphnia secara terkontrol? Apakah media kultur itu? Untuk menjawab pertanyaan tersebut mari kita diskusikan dan pelajari buku ini.

Media adalah bahan atau zat sebagai tempat hidup pakan alami. Kultur adalah kata lain dari budidaya yang merupakan suatu kegiatan pemeliharaan organisme. Jadi media kultur adalah bahan yang digunakan oleh suatu organisme sebagai tempat hidupnya selama proses pemeliharaan. Dalam hal ini pakan alami pada umumnya merupakan organisme air, yang hidupnya ada didalam air. Oleh karena itu untuk dapat membudidayakan pakan alami Daphnia kita harus menyiapkan media yang tepat untuk pakan alami tersebut agar dapat tumbuh dan berkembang.

Media seperti apakah yang dapat digunakan untuk tumbuh dan berkembang pakan alami Daphnia. Daphnia merupakan hewan air yang hidup diperairan tawar subtropik dan tropik baik di daerah danau, sungai dan kolam-kolam. Berdasarkan habitat alaminya pakan alami Daphnia ini dapat hidup pada perairan yang mengandung unsur

hara. Unsur hara ini dialam diperoleh dari hasil dekomposisi nutrien yang ada didasar perairan. Untuk melakukan budidaya pakan alami diperlukan unsur hara tersebut didalam media budidaya. Unsur hara yang dimasukkan kedalam media tersebut pada umumnya adalah pupuk.

Pupuk yang terdapat dialam ini dapat dikelompokkan menjadi dua yaitu pupuk organik dan pupuk anorganik. Pupuk organik adalah pupuk yang berasal dari kotoran hewan, sisa tanaman, limbah rumah tangga. Sedangkan pupuk anorganik adalah pupuk yang berasal dari bahan kimia dasar yang dibuat secara pabrikan atau yang berasal dari hasil tambang, seperti Nitrat, Fosfat (Duperfosfat/DS, Triple Superfosfat/TSP, Superphosphat 36, Fused Magnesium Phosphate/FMP), Silikat, natrium, Nitrogen (Urea, Zwavelzure amoniak/ZA, Amonium nitrat, Amonium sulfanitrat) dan lain-lain.

Jenis pupuk yang dapat digunakan sebagai sumber unsur hara pada media kultur pakan alami Daphnia adalah pupuk organik dan anorganik. Pemilihan antara kedua jenis pupuk tersebut sangat bergantung kepada ketersediaan pupuk tersebut dilokasi budidaya, dan kedua jenis pupuk tersebut dapat digunakan sebagai sumber unsur hara.

Jenis pupuk organik yang biasa digunakan adalah pupuk kandang, pupuk kandang adalah pupuk yang berasal dari campuran antara kotoran hewan dengan sisa makanan dan alas tidur hewan

tersebut. Campuran ini telah mengalami pembusukan sehingga sudah tidak berbentuk seperti semula. Pupuk kandang yang akan dipergunakan sebagai pupuk dalam media kultur pakan alami adalah pupuk kandang yang telah kering. Mengapa pupuk kandang yang digunakan harus yang kering ? Pupuk kandang yang telah kering sudah mengalami proses pembusukan secara sempurna sehingga secara fisik seperti warna, rupa, tekstur, bau dan kadar airnya tidak seperti bahan aslinya.

Pupuk kandang ini jenisnya ada beberapa macam antara lain adalah pupuk yang berasal dari kotoran hewan sapi, kerbau, kelinci, ayam dan kuda. Dari berbagai jenis kotoran hewan tersebut yang biasa digunakan adalah kotoran ayam. Kotoran ayam yang telah kering ini digunakan dengan dosis yang telah ditentukan.

Jenis pupuk anorganik juga bisa digunakan sebagai sumber unsur hara pada media kultur daphnia jika pupuk kandang tidak terdapat dilokasi tersebut. Jenis pupuk anorganik yang biasa digunakan adalah pupuk yang mengandung unsur Nitrogen, Phosphat dan Kalium. Pupuk anorganik yang banyak mengandung unsur nitrogen dan banyak dijual dipasaran adalah urea, Zwavelzure Ammoniak (ZA), sedangkan unsur phosphat adalah Triple Superphosphat (TSP). Untuk lebih mudahnya saat ini juga sudah dijual pupuk majemuk yang mengandung unsur Nitrogen, Phosphate dan Kalium (NPK).

Pupuk yang dimasukkan kedalam media kultur pakan alami Daphnia ini berfungsi untuk menumbuhkan bakteri, fungi, detritus dan beragam phytoplankton sebagai makanan utama Daphnia. Dengan tumbuhnya pakan daphnia didalam media kultur maka pakan alami yang akan dipelihara didalam wadah budidaya tersebut akan tumbuh dan berkembang.

Berapakah dosis pupuk yang harus ditebarkan kedalam media kultur pakan alami Daphnia ? Berdasarkan pengalaman beberapa pembudidaya dosis yang digunakan untuk pupuk kandang adalah 1500 gram/m^3 , atau $1,5 \text{ gram/liter}$. Tetapi dosis pupuk kandang yang berasal dari kotoran ayam kering berdasarkan hasil penelitian dan memberikan pertumbuhan populasi Daphnia yang optimal adalah $450\text{g}/1000 \text{ liter}$ media kultur atau $0,45 \text{ gram/liter}$.

Dosis yang digunakan untuk pupuk anorganik harus dihitung berdasarkan kebutuhan unsur hara yang dibutuhkan. Beberapa pembudidaya ada yang menggunakan pupuk nitrat dan phosphat sebagai unsur hara yang dimasukkan kedalam media kultur pakan alami. Dosis yang digunakan dihitung berdasarkan kandungan unsur hara yang terdapat dalam pupuk an organik, misalnya pupuk yang akan digunakan adalah urea dan ZA. Kadar unsur N dalam urea adalah 46%, artinya dalam setiap 100 kg urea mengandung unsur N sebanyak 46 kg. Untuk ZA kadar N nya 21% , artinya kadar N dalam pupuk ZA adalah 21 kg. Sedangkan pupuk kandang yang baik mengandung unsur N sebanyak

1,5–2%. Oleh karena dalam menghitung jumlah pupuk anorganik yang dibutuhkan dalam media kultur pakan alami dilakukan perhitungan matematis. Misalnya kebutuhan urea adalah $V_1N_1 = V_2N_2$, $2 \times 1,5 = V \times 46$, maka kebutuhan urea adalah 3 : 46 = 0,065 kg.

Pupuk yang telah ditentukan akan digunakan sebagai sumber unsur hara dalam media kultur pakan alami selanjutnya dihitung dan ditimbang sesuai dengan dosis yang dibutuhkan. Penimbangan dilakukan setelah wadah budidaya disiapkan. Kemudian pupuk tersebut dimasukkan kedalam kantong plastik atau karung plastik diikat dan dilubangi dengan menggunakan paku atau gunting agar pupuk tersebut dapat mudah larut didalam media kultur pakan alami Daphnia. Pupuk tersebut akan berproses didalam media dan akan tumbuh mikroorganisme sebagai makanan utama dari Daphnia. Waktu yang dibutuhkan oleh proses dekomposisi pupuk didalam media kultur pakan alami Daphnia ini berkisar antara 7 – 14 hari. Setelah itu baru bisa dilakukan penebaran bibit Daphnia kedalam media kultur.

Selama dalam pemeliharaan harus terus dilakukan pemupukan susulan seminggu sekali dengan dosis setengah dari pemupukan awal. Pakan alami Daphnia mempunyai siklus hidup yang relatif singkat yaitu 28 – 33 hari. Oleh karena itu agar pembudidayaannya bisa berlangsung terus harus selalu diberikan pemupukan susulan. Dalam memberikan pemupukan susulan ini caranya hampir sama

dengan pemupukan awal dan ada juga yang memberikan pemupukan susulannya dalam bentuk larutan pupuk yang dicairkan.

Parameter kualitas air didalam media kultur pakan alami Daphnia juga harus dilakukan pengukuran. Daphnia akan tumbuh dan berkembang pada media kultur yang mempunyai kandungan Oksigen terlarut sebanyak > 4 ppm, kandungan amonia < 1 ppm, suhu air berkisar antara 28 – 30 °C dan pH air antara 6,3 – 8,5.

Langkah kerja dalam menyiapkan media budidaya Daphnia adalah sebagai berikut :

1. Siapkan alat dan bahan yang akan digunakan sebelum menyiapkan media kultur pakan alami Daphnia.
2. Tentukan jenis pupuk yang akan digunakan sebagai unsur hara dalam pembuatan media kultur berdasarkan identifikasi jenis-jenis pupuk berdasarkan fungsi dan kegunaan!
3. Hitunglah dosis pupuk yang telah ditentukan pada point 2 berdasarkan kebutuhan unsur hara yang diinginkan dalam pembuatan media kultur !
4. Lakukan penimbangan dengan tepat berdasarkan perhitungan dosis pupuk pada point 3.
5. Masukkanlah pupuk yang telah ditimbang ke dalam kantong/karung plastik dan ikatlah dengan karet .
6. Lubangilah kantong/karung plastik tersebut dengan paku atau gunting untuk memudahkan pelarutan pupuk didalam media kultur !

7. Masukkanlah kantong/karung plastik kedalam wadah budidaya dan letakkan kedalam media kultur sampai posisi karung/kantong plastik tersebut terendam didalamnya.
8. Ikatlah dengan menggunakan tali rafia agar posisinya aman tidak terlepas.
9. Biarkan selama 7 -14 hari agar media kultur tersebut siap untuk ditebari bibit Daphnia.

sedangkan didaerah tropis ada 6 jenis. Berdasarkan klasifikasinya Daphnia sp dapat dimasukkan kedalam :

Filum : Arthropoda
 Kelas : Crustacea
 Subklas : Branchiopoda
 Divisi : Oligobranchiopoda
 Ordo : Cladocera
 Famili : Daphnidae
 Genus : Daphnia
 Spesies : *Daphnia* sp

Inokulasi Bibit Daphnia

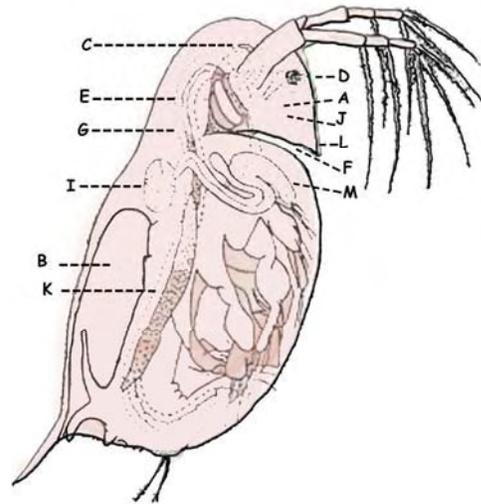
Apakah inokulasi itu ? Bagaimana anda melakukan inokulasi/menanam bibit pakan alami Daphnia pada media kultur ? Dalam buku ini akan diuraikan secara singkat tentang identifikasi Daphnia, pemilihan bibit Daphnia yang akan diinokulasi dan cara melakukan inokulasi pada media kultur pakan alami Daphnia.

Ada beberapa langkah yang harus dilakukan sebelum melakukan inokulasi bibit pakan alami kedalam media kultur yaitu pertama melakukan identifikasi jenis bibit pakan alami Daphnia, kedua melakukan seleksi terhadap bibit pakan alami Daphnia, ketiga melakukan inokulasi bibit pakan alami sesuai dengan prosedur . Identifikasi Daphnia perlu dilakukan agar tidak terjadi kesalahan dalam melakukan inokulasi. Daphnia merupakan salah satu jenis zooplankton yang hidup diperairan tawar didaerah tropis dan subtropis. Di alam ada banyak genus daphnia, berdasarkan pengamatan para ahli genus ini terdapat lebih dari 20 jenis,

Morfologi Daphnia dapat dilihat secara langsung dibawah mikroskop, bentuk tubuhnya lonjong, pipih dan segmen badan tidak terlihat. Pada bagian ventral kepala terdapat paruh. Pada bagian kepala terdapat lima pasang apendik atau alat tambahan, yang pertama disebut antenna pertama (antennule), yang kedua disebut antenna kedua yang mempunyai fungsi utama sebagai alat gerak. Sedangkan tiga pasang alat tambahan lainnya merupakan alat tambahan yang merupakan bagian-bagian dari mulut.

Tubuh Daphnia ditutupi oleh cangkang dari kutikula yang mengandung khitin yang transparan, dibagian dorsal (punggung) bersatu tetapi dibagian ventral (perut) berongga/terbuka dan terdapat lima pasang kaki yang tertutup oleh cangkang. Ruang antara cangkang dan tubuh bagian dorsal merupakan tempat pengeraman telur. Pada ujung post abdomen terdapat dua kuku yang berduri kecil-kecil. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 7.20.

- A : Otak
- B : Ruang pengeraman
- C : Caecum Pencernaan
- D : Mata
- E : Fornix
- F : Antena Pertama
- G : Usus
- I : Jantung
- J : Ocellus
- K : Ovarium
- L : Paruh
- M : Kelenjar Kulit



Gambar 7.20. *Daphnia* sp

Langkah selanjutnya setelah dapat mengidentifikasi jenis *Daphnia* yang akan ditebar kedalam media kultur adalah melakukan pemilihan terhadap bibit *Daphnia*. Pemilihan bibit *Daphnia* yang akan ditebar kedalam media kultur harus dilakukan dengan tepat. Bibit yang akan ditebar kedalam media kultur harus yang sudah dewasa. *Daphnia* dewasa berukuran 2,5 mm, anak pertama sebesar 0,8 mm dihasilkan secara parthenogenesis.

Perkembangbiakan *Daphnia* di dalam media kultur dapat dilakukan dengan dua cara yaitu secara sexual dan asexual. Perkembangbiakan secara asexual (tidak kawin) yang disebut dengan Parthenogenesis biasa terjadi dan akan menghasilkan individu muda betina. Perbandingan jenis kelamin atau sex ratio pada *Daphnidae* menunjukkan keragaman dan bergantung kepada kondisi

lingkungannya. Pada lingkungan yang baik, hanya terbentuk individu betina tanpa individu jantan. Pada kondisi ini, telur dierami didalam kantong pengeraman sampai menetas dan anak *Daphnia* dikeluarkan pada waktu pergantian kulit. Pada kondisi perairan yang mulai memburuk disamping individu betina dihasilkan individu jantan yang dapat mendominasi populasi dengan perbandingan 1 : 27. Dengan munculnya individu jantan, populasi yang bereproduksi secara sexual akan membentuk epifia atau *resting egg* disebut juga siste yang akan menetas jika kondisi perairan baik kembali.

Daphnia mempunyai umur hidup yang relatif singkat yaitu antara 28 – 33 hari. Pada umur empat hari individu *Daphnia* sudah menjadi dewasa dan akan mulai menghasilkan anak pertamanya

pada umur 4 – 6 hari. Daphnia ini akan beranak dengan selang waktu selama dua hari , jumlah anak yang dihasilkan dalam sekali reproduksi adalah 29 – 30 ekor.

Selama hidupnya Daphnia mengalami empat periode yaitu telur, anak, remaja dan dewasa. Pertambahan ukuran terjadi sesaat setelah telur menetas didalam ruang pengeraman. Setelah dua kali instar pertama, anak Daphnia yang bentuknya mirip dengan Daphnia dewasa dilepas pada ruang pengeraman. Jumlah instar pada stadium anak ini hanya dua sampai lima kali, tetapi tingkat pertumbuhan tertinggi terjadi pada stadium ini. Periode remaja adalah instar tunggal antara instar anak terakhir dan instar dewasa pertama. Pada periode ini sekelompok telur pertama mencapai perkembangan penuh didalam ovarium. Segera setelah Daphnia ganti kulit pada akhir instar remaja memasuki instar dewasa pertama, sekelompok telur pertama dilepaskan kedalam ruang pengeraman. Selama instar dewasa pertama, kelompok telur kedua berkembang diovarium dan seterusnya.

Setelah dapat membedakan antara individu Daphnia yang telur, anak, remaja dan dewasa maka selanjutnya adalah memilih individu yang dewasa sebagai calon bibit yang akan ditebarkan kedalam media kultur. Jumlah bibit yang akan ditebarkan kedalam media kultur sangat bergantung kepada volume media kultur . Padat penebaran bibit yang akan diinokulasi kedalam media kultur biasanya adalah 20 – 25 individu perliter.

Cara yang dilakukan dalam melakukan inokulasi adalah dengan menebarkannya secara hati-hati kedalam media kultur sesuai dengan padat tebar yang telah ditentukan. Penebaran bibit Daphnia ini sebaiknya dilakukan pada saat suhu perairan tidak terlalu tinggi yaitu pada pagi dan sore hari.

Langkah kerja dalam menginokulasi/menanam bibit pakan alami Daphnia adalah sebagai berikut :

1. Siapkan alat dan bahan yang akan digunakan sebelum melakukan inokulasi/penanaman bibit pakan alami Daphnia!
2. Siapkan mikroskop dan peralatannya untuk mengidentifikasi jenis Daphnia yang akan dibudidayakan!
3. Ambillah seekor Daphnia dengan menggunakan pipet dan letakkan di atas objec glass, dan teteskan formalin agar individu tersebut tidak bergerak !
4. Letakkan objec glass dibawah mikroskop dan amati morfologi Daphnia serta cocokkan dengan gambar 1.
5. Lakukan pengamatan terhadap individu Daphnia beberapa kali ulangan agar dapat membedakan tahapan stadia pada Daphnia yang sedang diamati dibawah mikroskop !
6. Hitunglah panjang tubuh individu daphnia dewasa beberapa ulangan dan perhatikan ukuran tersebut dengan kasat mata!
7. Lakukanlah pemilihan bibit yang akan ditebarkan kedalam media kultur dan letakkan dalam wadah yang terpisah!

8. Tentukan padat penebaran yang akan digunakan dalam budidaya pakan alami Daphnia tersebut sebelum dilakukan penebaran.
9. Hitunglah jumlah bibit yang akan ditebar tersebut sesuai dengan point 8.
10. Lakukan penebaran bibit pakan alami Daphnia pada pagi atau sore hari dengan cara menebarkannya secara perlahan-lahan kedalam media kultur.

Pemeliharaan Budidaya Daphnia

Agar Daphnia yang dipelihara dalam wadah budidaya tumbuh dan berkembang harus dilakukan pemberian pupuk susulan yang berfungsi untuk menumbuhkan mikroorganisme sebagai makanan Daphnia. Pemupukan susulan adalah pemupukan yang dimasukkan kedalam media kultur selama pemeliharaan pakan alami Daphnia dengan dosis 50 – 100 % dari dosis pemupukan pertama yang sangat bergantung kepada kondisi media kultur. Pemupukan tersebut sangat berguna bagi pertumbuhan phytoplankton, detritus, fungi dan bakteri yang merupakan makanan utama dari pakan alami Daphnia.

Selama dalam pemeliharaan tersebut harus terus dilakukan pemupukan susulan seminggu sekali atau dua minggu sekali dengan dosis yang bergantung kepada kondisi media kultur, biasanya dosis yang digunakan adalah setengah dari pemupukan awal. Pakan alami Daphnia mempunyai siklus hidup yang relatif singkat yaitu 28 – 33 hari. Oleh karena itu agar

pembudidayaannya bisa berlangsung terus menerus harus selalu diberikan pemupukan susulan. Dalam memberikan pemupukan susulan ini caranya hampir sama dengan pemupukan awal dan ada juga yang memberikan pemupukan susulannya dalam bentuk larutan pupuk yang dicairkan.

Fungsi utama pemupukan susulan adalah untuk menumbuhkan pakan yang dibutuhkan oleh Daphnia agar tumbuh dan berkembang. Berdasarkan kebutuhan pakan bagi Daphnia tersebut ada dua metode yang biasa dilakukan oleh pembudidaya yaitu Detrital system dan Autotrophic system. Detrital System adalah penggunaan pupuk kandang kering yang dimasukkan dalam media kultur Daphnia sebanyak 450 gram dalam 1000 liter air dan dilakukan pemupukan susulan dengan dosis 50 – 100% dari pemupukan pertama yang diberikan seminggu sekali. Selain itu untuk mempercepat tumbuhnya bakteri, fungi, detritus dan beragam phytoplankton ditambahkan dedak dan ragi dosis yang digunakan adalah 450 gram kotoran ayam kering ditambah 112 gram dedak dan 22 gram ragi kedalam 1000 liter media kultur.

Autotrophic system adalah sistem dalam budidaya Daphnia dimana pakan yang dibutuhkan untuk tumbuh dan berkembangnya Daphnia tersebut dikultur secara terpisah dengan media kultur Daphnia. Phytoplakton yang dibutuhkan dibudidayakan sendiri dan didalam media kultur Daphnia tersebut ditambahkan campuran

beberapa vitamin dan ditambahkan dedak. Komposisi campuran vitamin dapat dilihat pada Tabel 7.6. Dosis campuran vitamin tersebut adalah satu mililiter larutan digunakan untuk satu liter media kultur. Selain campuran vitamin didalam media kultur pakan alami Daphnia juga ditambahkan larutan dedak dengan dosis 50 gram dedak ditambahkan dengan 1 liter air lalu diblender dan diaduk selama satu menit, larutan tersebut disaring dengan menggunakan saringan kain yang berdiameter 60 μ m. Suspensi tersebut diberikan kepadah yang berisi media kultur Daphnia, satu gram dedak biasanya digunakan untuk 500 ekor Daphnia setiap dua hari sekali.

Tabel 7.6. Komposisi campuran vitamin pada media Daphnia

| Jenis Vitamin | Konsentrasi (μ g/l) |
|------------------|--------------------------|
| Biotin | 5 |
| Thiamine | 100 |
| Pyridoxine | 3 |
| Ca Panthothenate | 250 |
| B 12 | 100 |
| Nicotinic acid | 50 |
| Nicotinamide | 50 |
| Folic acid | 20 |
| Riboflavin | 30 |
| Inositol | 90 |

Frekuensi pemupukan susulan ditentukan dengan melihat sampel air didalam media kultur , parameter yang mudah dilihat adalah jika transparansi kurang dari 0,3 m didalam media kultur. Hal ini dapat dilihat dari warna air media yang

berwarna keruh atau warna bening. Jika hal tersebut terjadi segera dilakukan pemupukan susulan. Jenis pupuk yang digunakan sama dengan pemupukan awal.

Langkah kerja dalam melakukan pemupukan susulan adalah :

1. Siapkan alat dan bahan yang akan digunakan sebelum melakukan pemupukan susulan.
2. Amati warna air didalam media kultur, catat dan diskusikan !
3. Tentukan jenis pupuk dan dosis yang akan digunakan dalam pemupukan susulan !
4. Hitunglah kebutuhan pupuk yang akan digunakan sesuai dengan dosis yang telah ditetapkan !
5. Timbanglah pupuk sesuai dengan dosis pupuk yang telah dihitung !
6. Masukkan pupuk kedalam kantong/karung plastik dan ikat serta dimasukkan kedalam media kultur, jika pemupukan susulan akan dilakukan dengan membuat larutan suspensi pupuk juga dapat dilakukan. Cara pembuatan larutan suspensi pupuk ini dengan menambahkan air kedalam pupuk dan disaring lalu ditebarkan larutan tersebut kedalam media kultur.

Pemantauan Pertumbuhan Daphnia

Mengapa pertumbuhan populasi pakan alami Daphnia harus dipantau? Kapan waktu yang tepat dilakukan pemantauan populasi pakan alami Daphnia yang dibudidayakan didalam media kultur? Bagaimana kita menghitung

kepadatan populasi pakan alami Daphnia didalam media kultur ? Mari kita jawab pertanyaan-pertanyaan tersebut dengan mempelajari buku ini selanjutnya. Didalam buku ini akan diuraikan secara singkat tentang pertumbuhan Daphnia, menghitung kepadatan populasi dan waktu pemantauannya.

Daphnia yang dipelihara dalam media kultur yang tepat akan mengalami pertumbuhan yang cepat. Secara biologis Daphnia akan tumbuh dewasa pada umur empat hari, jika pada saat inokulasi yang ditebarkan adalah bibit Daphnia yang dewasa maka dalam waktu dua hari bibit Daphnia tersebut sudah mulai beranak, karena periode maturasi daphnia pada media yang mempunyai suhu 25° C adalah dua hari. Jumlah anak yang dikeluarkan dari satu induk bibit Daphnia adalah sebanyak 29–30 ekor, yang dikeluarkan dengan selang waktu dua hari. Daur hidup Daphnia adalah 28–33 hari dan Daphnia menjadi dewasa hanya dalam waktu empat hari, sehingga bisa diperhitungkan prediksi populasi Daphnia didalam media kultur.

Berdasarkan siklus hidup Daphnia maka kita dapat menentukan waktu yang tepat untuk dilakukan pemanenan sesuai dengan kebutuhan larva atau benih ikan yang akan mengkonsumsi pakan alami Daphnia. Ukuran Daphnia yang dewasa dan anak-anak berbeda oleh karena itu perbedaan ukuran tersebut sangat bermanfaat bagi ikan yang akan mengkonsumsi dan disesuaikan dengan ukuran bukaan mulut larva.

Pemantauan pertumbuhan pakan alami Daphnia di media kultur harus dilakukan agar tidak terjadi kepadatan populasi yang mengakibatkan tingkat kematian yang tinggi didalam media. Hal tersebut diakibatkan oleh kurangnya oksigen didalam media kultur. Tingkat kepadatan populasi yang maksimal didalam media kultur adalah 1500 individu perliter, walaupun ada juga yang mencapai kepadatan 3000 – 5000 individu perliter.

Untuk mengukur tingkat kepadatan populasi Daphnia didalam media kultur dilakukan dengan cara sampling beberapa titik dari media, minimal tiga kali sampling. Sampling dilakukan dengan cara mengambil air media kultur yang berisi Daphnia dengan menggunakan baker glass atau erlemeyer. Hitunglah jumlah Daphnia yang terdapat dalam botol contoh tersebut, data tersebut dapat dikonversikan dengan volume media kultur.

Langkah kerja dalam memantau pertumbuhan populasi pakan alami Daphnia adalah sebagai berikut :

1. Siapkan alat dan bahan yang akan digunakan sebelum melakukan pemantauan pertumbuhan populasi pakan alami Daphnia.
2. Tentukan waktu pemantauan kepadatan populasi sesuai dengan prediksi tingkat pertumbuhan Daphnia di media kultur.
3. Ambillah sampel air di media kultur dengan menggunakan baker glass/erlemeyer, amati dengan seksama dan teliti !

4. Hitunglah jumlah Daphnia yang terdapat dalam baker glass tersebut !
5. Lakukanlah kegiatan tersebut minimal tiga kali ulangan dan catat apakah terjadi perbedaan nilai pengukuran dari ketiga lokasi yang berbeda.
6. Hitunglah rata-rata nilai populasi dari ketiga sampel yang berbeda lokasi. Nilai rata-rata ini akan dipergunakan untuk menghitung kepadatan populasi pakan alami Daphnia di media kultur.
7. Catat volume air sampel dan jumlah Daphnia dari data point 6, lakukan konversi nilai perhitungan tersebut untuk menduga kepadatan populasi pakan alami Daphnia didalam media kultur.
8. Diskusikan nilai perhitungan tersebut dengan temanmu !

Pemanenan Daphnia

Pakan alami yang telah dibudidayakan di media kultur bertujuan untuk diberikan kepada larva/benih yang dipelihara. Kebutuhan larva/benih ikan akan pakan alami Daphnia selama pemeliharaan adalah setiap hari. Oleh karena itu waktu pemanenan pakan alami itu sangat bergantung kepada kebutuhan larva/benih akan pakan alami Daphnia. Pemanenan pakan alami Daphnia ini dapat dilakukan setiap hari atau seminggu sekali atau dua minggu sekali. Hal tersebut bergantung kepada kebutuhan suatu usaha terhadap ketersediaan pakan alami Daphnia.

Pemanenan pakan alami Daphnia yang dilakukan setiap hari biasanya jumlah yang dipanen adalah kurang dari 20% . Pemanenan Daphnia dapat juga dilakukan seminggu sekali atau dua minggu sekali sangat bergantung kepada kelimpahan populasi Daphnia di dalam media kultur.

Untuk menghitung kepadatan daphnia pada saat akan dilakukan pemanenan, dapat dilakukan tanpa menggunakan alat pembesar atau mikroskop. Daphnia diambil dari dalam wadah, yang telah diaerasi agak besar sehingga daphnia merata berada di seluruh kolom air, dengan memakai gelas piala volume 100 ml. Daphnia dan air di dalam gelas piala selanjutnya dituangkan secara perlahan-lahan sambil dihitung jumlah daphnia yang keluar bersama air.

Apabila jumlah daphnia yang ada sangat banyak, maka dari gelas piala 100 ml dapat diencerkan, caranya adalah dengan menuangkan kedalam gelas piala 1000 ml dan ditambah air hingga volumenya 1000 ml. Dari gelas 1000 ml, lalu diambil sebanyak 100 ml. Daphnia yang ada dihitung seperti cara diatas, lalu kepadatan di dalam wadah budidaya dapat diketahui dengan cara mengalikan 10 kali jumlah didalam gelas 100 ml. Sebagai contoh, apabila di dalam gelas piala 100 ml terdapat 200 ekor daphnia, maka kepadatan daphnia di wadah budidaya adalah $10 \times 200 \text{ ekor} = 2000 \text{ individu per } 100 \text{ ml}$.

Pemanenan Daphnia dapat dilakukan berdasarkan siklus reproduksinya, dimana Daphnia akan

menjadi dewasa pada umur empat hari dan dapat beranak selang dua hari sekali, maka dapat diprediksi kepadatan populasi Daphnia didalam media kultur jika padat tebar awal dilakukan pencatatan. Daphnia dapat berkembangbiak tanpa kawin dan usianya relative singkat yaitu 28 – 33 hari.

Pemanenan dapat dilakukan pada hari ke tujuh – sepuluh jika populasinya sudah mencukupi, pemanenan tersebut dilakukan dengan cara menggunakan seser halus. Waktu pemanenan dilakukan pada pagi hari disaat matahari terbit, pada waktu tersebut Daphnia akan banyak mengumpul dibagian permukaan media untuk mencari sinar. Dengan tingkahlakunya tersebut akan sangat mudah bagi para pembudidaya untuk melakukan pemanenan. Daphnia yang baru dipanen tersebut dapat digunakan langsung untuk konsumsi larva atau benih ikan.

Daphnia yang sudah dipanen tersebut dapat tidak secara langsung diberikan pada larva dan benih ikan hias yang dibudidayakan tetapi dilakukan penyimpanan. Cara penyimpanan Daphnia yang dipanen berlebih dapat dilakukan pengolahan Daphnia segar menjadi beku . Proses tersebut dilakukan dengan menyaring Daphnia dengan air dan Daphnianya saja yang dimasukkan dalam wadah plastic dan disimpan didalam lemari pembeku (Freezer). Langkah kerja dalam memanen pakan alami Daphnia adalah sebagai berikut :

- Siapkan alat dan bahan yang akan digunakan sebelum

melakukan pemanenan pakan alami Daphnia.

- Tentukan waktu pemanenan pakan alami Daphnia jika kepadatan populasi sesuai dengan prediksi tingkat pertumbuhan Daphnia di media kultur.
- Ambillah sampel air di media kultur dengan menggunakan baker glass/erlemeyer, amati dengan seksama dan teliti !
- Hitunglah jumlah Daphnia yang terdapat dalam baker glass tersebut !
- Lakukanlah kegiatan tersebut minimal tiga kali ulangan dan catat apakah terjadi perbedaan nilai pengukuran dari ketiga lokasi yang berbeda.
- Hitunglah rata-rata nilai populasi dari ketiga sampel yang berbeda lokasi. Nilai rata-rata ini akan dipergunakan untuk menghitung kepadatan populasi pakan alami Daphnia di media kultur.
- Catat volume air sampel dan jumlah Daphnia dari data point 6, lakukan konversi nilai perhitungan tersebut untuk menduga kepadatan populasi pakan alami Daphnia didalam media kultur.
- Jika kepadatan populasi Daphnia sudah mencapai 3000 – 5000 individu perliter maka pakan alami Daphnia siap dilakukan pemanenan.
- Pemanenan dilakukan dengan cara menyaser pakan alami Daphnia pada saat pagi hari
- Kumpulkan Daphnia yang sudah diambil dari media kultur dan letakkan dalam wadah terpisah,

siap untuk diberikan kepada larva dan benih ikan.

7.3.2. Budidaya Artemia

Artemia merupakan salah satu jenis zooplankton yang hidup diperairan asin yang dapat digunakan pada larva dan benih ikan air tawar, payau dan laut. Saat ini kebutuhan hatchery akan Artemia masih import dari berbagai negara penghasil, produk ini dibeli dalam bentuk kemasan kaleng dengan berbagai merek, untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 7.21.



Gambar 7.21.
Kemasan cyst Artemia

Menurut Balai Besar Pengembangan Budidaya Air Payau Jepara (2003) sudah dapat memproduksi Artemia ini secara massal pada tambak bersamaan dengan produksi garam. Dalam satu musim kering diproduksi sedikitnya 6 bulan dan menghasilkan kista basah sebanyak 40 kg dari luas tambak 1.500 m² dan garam 56 ton. Budidaya artemia dapat dilakukan dengan beberapa kegiatan yaitu mulai dari persiapan tambak, penebaran benih, penumbuhan makanan alami, pemeliharaan,

pemanenan dan prosesing. Tambak yang dapat digunakan untuk membudidayakan artemia adalah tambak yang garam yang tidak bocor dan ketersediaan air selalu ada dengan kedalaman tambak adalah 70 cm. Sebelum digunakan tambak garam ini dilakukan persiapan tambak yaitu :

- Penjemuran/pengeringan dasar tambak
- Pengapuran tambak dengan dosis 500 kg/ha
- Pemupukan organik 500 kg/ha
- Pemupukan TSP/urea 200 kg (1:3)
- Pengisian air tambak dengan salinitas 80 ppt sedalam 70 cm

Setelah tambak dipersiapkan langkah selanjutnya adalah melakukan penebaran benih yaitu nauplii artemia sebanyak 200 ekor perliter pada stadia instar I yaitu artemia yang baru menetas. Penebaran ini harus dilakukan pada saat suhu rendah.

Artemia yang dipelihara didalam tambak garam untuk tumbuh dan berkembangbiak harus terdapat makanan yang dapat dikonsumsi oleh artemia tersebut. Oleh karena itu harus dilakukan penumbuhan makanan alami untuk artemia tersebut dengan cara melakukan pemupukan secara kontinu dengan menggunakan pupuk organik atau anorganik sebanyak 10% dari dosis awal pemupukan dan dilakukan inokulasi pakan alami. Makanan artemia diperairan alami adalah material partikel detritus organik dan organisme hidup seperti algae mikroskopik dan bakteri. Selain itu

Artemia dapat diberikan pakan tambahan berupa dedak yang diperkaya dengan vitamin dan mineral atau bungkil kelapa, silase ikan maupun tepung terigu. Oleh karena itu pada tambak pemeliharaan artemia diberikan pakan tambahan berupa bungkil kelapa yang sebelumnya (2 jam) direndam baru diberikan dengan cara menebarkannya secara merata pada tambak budidaya.

Budidaya artemia dapat dilakukan pada lokasi yang memiliki salinitas cukup tinggi yaitu lebih dari 50 promill, menurut hasil penelitian salinitas ditambak budidaya artemia pada saat penebaran nauplii artemia adalah 70 ppt dan untuk menghasilkan kista dengan hasil yang optimum dibutuhkan salinitas antara 120 – 140 ppt sedangkan peningkatan salinitas hingga 150 ppt akan menghasilkan produktivitas telur menjadi menurun. Oleh karena itu, pada tambak budidaya artemia setelah dilakukan penebaran nauplii artemia salinitas tambak secara bertahap terus ditingkatkan dari 70 ppt menjadi 80 ppt terus secara bertahap dinaikkan sampai menjadi 120 – 140 ppt.

Pada usaha hatchery air tawar, payau maupun laut yang membutuhkan artemia sebagai pakan alami larva dan benihnya, biasanya mereka membeli produk cyst artemia dan hanya melakukan kegiatan penetasan cyst/kista artemia yang sudah cukup banyak dijual dalam kemasan kaleng tersebut.

Dalam menetaskan cyst Artemia ada dua metoda yang dapat dilakukan yaitu metoda Dekapsulasi dan metoda tanpa Dekapsulasi. Metoda penetasan dengan dekapsulasi adalah suatu cara penetasan kista artemia dengan melakukan proses penghilangan lapisan luar kista dengan menggunakan larutan hipoklorit tanpa mempengaruhi kelangsungan hidup embrio. Sedangkan metoda penetasan tanpa dekapsulasi adalah suatu cara penetasan artemia tanpa melakukan proses penghilangan lapisan luar kista tetapi secara langsung ditetaskan dalam wadah penetasan.

Prosedur yang harus dilakukan dalam menetaskan cyst artemia dengan metode Dekapsulasi adalah :

1. Ambil kista artemia sejumlah yang telah ditentukan dan harus diketahui bobotnya, kemudian kista tersebut dimasukkan kedalam wadah yang berbentuk kerucut dan dilakukan hidrasi selama 1 – 2 jam dengan menggunakan air tawar atau air laut dengan salinitas maksimum 35 permil serta diberi aerasi dari dasar wadah .
2. Dilakukan penghentian aerasi sebelum kista tersebut disaring dengan menggunakan saringan kasa yang berdiameter 120 mikron , kemudian kista tersebut dicuci dengan air bersih.
3. Larutan hipoklorit yaitu larutan yang mengandung HclO disiapkan yang akan digunakan untuk melakukan proses penghilangan lapisan luar kista. Larutan hipoklorit yang digunakan dapat diperoleh dari dua macam senyawa yang

banyak dijual dipasaran yaitu Natrium hipoklorit (Na O Cl) dengan dosis 10 cc Na O Cl untuk satu gram kista dan Kalsium hipoklorit (Ca (Ocl)_2) dengan dosis 0,67 gram untuk satu gram kista . Dari kedua senyawa larutan hipoklorit ini kalsium hipoklorit lebih mudah didapat dan harganya relatif lebih murah daripada natrium hipoklorit. Dalam dunia perdagangan dan bahasa sehari-hari kalsium hipoklorit dikenal sebagai kaporit (berupa bubuk), sedangkan natrium hipoklorit dijual berupa cairan dan dikenal sebagai klorin.

4. Kista yang telah disaring dengan saringan kasa dimasukkan kedalam media larutan hipoklorit dan diaduk secara manual serta diaerasi secara kuat-kuat, suhu dipertahankan dibawah 40°C .
5. Proses penghilangan lapisan luar kista dilakukan selama 5 – 15 menit yang ditandai dengan terjadinya perubahan warna kista dari coklat gelap menjadi abu-abu kemudian orange.
6. Kista disaring dengan menggunakan saringan 120 mikron dan dilakukan pencucian kista dengan menggunakan air laut secara berulang-ulang sampai bau klorin itu hilang.
7. Kista artemia tersebut dicelupkan kedalam larutan HCl 0,1 N sebanyak dua kali dan dicuci dengan air bersih dan siap untuk ditetaskan dengan menggunakan larutan penetasan
8. Proses penetasan yang dilakukan sama dengan proses penetasan tanpa dekapulasi.

Prosedur yang dilakukan dalam menetaskan cyst artemia dengan metoda tanpa dekapulasi adalah :

1. Cyst/kista yang akan ditetaskan ditimbang sesuai dengan dosis yang digunakan misalnya 5 gram kista per liter air media penetasan.
2. Wadah dan media penetasan disiapkan sesuai persyaratan teknis
3. Cyst/kista artemia dimasukkan kedalam media penetasan yang diberi aerasi dengan kecepatan 10 – 20 liter udara/menit, suhu dipertahankan $25 - 30^\circ\text{C}$ dan pH sekitar 8 – 9.
4. Media penetasan diberi sinar yang berasal dari lampu TL dengan intensitas cahaya minimal 1.000 lux . Intensitas cahaya tersebut dapat diperoleh dari lampu TL /neon 60 watt sebanyak dua buah dengan jarak penyinaran dari lampu ke wadah penetasan adalah 20 cm.
5. Penetasan cyst artemia akan berlangsung selama 24–48 jam kemudian.

Pemilihan metoda penetasan cyst artemia sangat bergantung kepada jenis artemia yang digunakan dan spesifikasi dari jenis artemia tersebut. Artemia yang ditetaskan dari hasil dekapulasi dapat langsung diberikan pada benih ikan atau ditetaskan terlebih dahulu baru diberikan kepada benih ikan.

Wadah penetasan cyst Artemia

Peralatan dan wadah yang dapat digunakan dalam mengkultur pakan alami Artemia ada beberapa macam.

Jenis-jenis wadah yang dapat digunakan antara lain adalah kantong plastik berbentuk kerucut, botol aqua, ember plastik dan bentuk wadah lainnya yang didesain berbentuk kerucut pada bagian bawahnya agar memudahkan pada waktu panen. Sedangkan peralatan yang dibutuhkan untuk melakukan budidaya Artemia antara lain adalah aerator/blower, selang aerasi, batu aerasi, selang air, timbangan, saringan halus/seser, ember, gayung, gelas ukur kaca, refraktometer.

Pemilihan wadah yang akan digunakan dalam membudidayakan Artemia sangat bergantung kepada tujuannya. Wadah yang terbuat dari bak semen, bak beton, bak fiber dan tanki plastik biasanya digunakan untuk menetasakan cyst Artemia secara massal dan merupakan budidaya artemia secara selektif yaitu membudidayakan pakan alami ditempat terpisah dari ikan yang akan mengkonsumsi pakan alami. Sedangkan wadah budidaya kolam tanah yaitu tambak biasanya dilakukan untuk membudidayakan artemia. Oleh karena itu ukuran dari wadah yang akan digunakan sangat menentukan kapasitas produksi dari pakan alami Artemia.

Setelah berbagai macam peralatan dan wadah yang digunakan dalam membudidayakan pakan alami Artemia diidentifikasi dan dijelaskan fungsi dan cara kerjanya, langkah selanjutnya adalah melakukan persiapan terhadap wadah tersebut. Langkah pertama adalah peralatan dan wadah yang akan digunakan ditentukan sesuai dengan skala produksi dan kebutuhan. Peralatan

dan wadah disiapkan untuk digunakan dalam budidaya Artemia. Wadah yang akan digunakan dibersihkan dengan menggunakan sikat dan diberikan desinfektan untuk menghindari terjadinya kontaminasi dengan mikroorganisme yang lain. Wadah yang telah dibersihkan selanjutnya dapat diisi dengan air bersih.

Wadah budidaya yang telah diisi dapat digunakan untuk memelihara Artemia. Air yang dimasukkan kedalam wadah budidaya harus bebas dari kontaminan seperti pestisida, deterjen dan chlor. Air yang digunakan sebaiknya diberi oksigen dengan menggunakan aerator dan batu aerasi yang disambungkan dengan selang aerasi. Aerasi ini dapat digunakan pula untuk menetralkan chlor atau menghilangkan Carbondioksida didalam air.

Media penetasan cyst Artemia

Untuk dapat menetasakan cyst Artemia kita harus menyiapkan media yang tepat untuk pakan alami tersebut agar dapat tumbuh dan berkembang. Media seperti apakah yang dapat digunakan untuk tumbuh dan berkembang pakan alami Artemia. Artemia merupakan hewan air yang hidup diperairan laut yang memiliki salinitas berkisar antara 42 – 316 permil. Organisme ini banyak terdapat didaerah Australia, Asia, Afrika, Eropa, Amerika Utara, Amerika Tengah dan Amerika Selatan dimana pada daerah tersebut memiliki salinitas yang cukup pekat. Berdasarkan habitat

alaminya pakan alami Artemia ini dapat hidup pada perairan yang mengandung salinitas cukup tinggi, walaupun tidak menutup kemungkinan untuk hidup diperairan yang bersalinitas rendah karena Artemia memiliki adaptasi yang cukup luas terhadap salinitas. Bagaimanakah mempersiapkan media yang akan dipergunakan untuk menetasakan cyst artemia? Cyst artemia dapat ditetasakan pada media yang mempunyai salinitas 5 permil sampai dengan 35 permil, walaupun pada habitat aslinya dapat hidup pada salinitas yang sangat tinggi. Media penetasan tersebut dapat dipergunakan air laut biasa

atau membuat air laut tiruan . Air laut tiruan ini dapat dibuat dengan menggunakan air tawar ditambahkan unsur-unsur mineral yang sangat dibutuhkan untuk media penetasan. Apabila garam-garam mineral ini sulit untuk diperoleh dapat digunakan air tawar biasa ditambahkan dengan garam dapur dan diukur salinitas media tersebut dengan menggunakan refraktometer. Dosis garam dapur yang digunakan untuk membuat air laut dengan salinitas 35 permil adalah berkisar 30 gram – 35 gram per liter air. Untuk membuat air laut tiruan dengan garam mineralnya dapat dilihat pada tabel 7.7 dan 7.8.

Tabel 7.7. Komposisi bahan kimia untuk membuat air laut kadar garam 5 permil

| No. | Jenis bahan | Jumlah |
|-----|---|----------|
| 1. | Garam dapur (NaCl) | 50 gram |
| 2. | Magnesium Sulfat (MgSO ₄) | 13 gram |
| 3. | Magnesium Chlorida (MgCl ₂) | 10 gram |
| 4. | Kalsium Chlorida (CaCl ₂) | 3 gram |
| 5. | Kalium Chlorida (KCl) | 2 gram |
| 6. | Natrium Hidrokarbonat (NaHCO ₃) | 20 gram |
| 7. | Air tawar | 10 liter |

Tabel 7.8. Komposisi bahan kimia untuk membuat air laut kadar garam 30 permill

| No. | Jenis bahan | Jumlah |
|-----|--|-----------|
| 1. | Garam dapur (NaCl) | 280 gram |
| 2. | Magnesium Sulfat (MgSO ₄) | 70 gram |
| 3. | Kalium Iodida (KI) | 0,05 gram |
| 4. | Kalsium Chlorida (CaCl ₂) | 15 gram |
| 5. | Kalium Chlorida (KCl) | 7 gram |
| 6. | Natrium Bromida (NaBr) | 1 gram |
| 7. | Kalium Bifosfat (KH ₂ PO ₄) | 0,5 gram |
| 8. | Air tawar | 10 liter |

Langkah kerja dalam menyiapkan wadah budidaya Artemia adalah sebagai berikut :

1. Siapkan alat dan bahan yang akan digunakan dan sebutkan fungsi dan cara kerja peralatan tersebut!
2. Tentukan wadah yang akan digunakan untuk menetasakan Artemia !
3. Bersihkan wadah dengan menggunakan sikat dan disiram dengan air bersih, kemudian lakukan pembersihan wadah dengan menggunakan desinfektan sesuai dengan dosisnya.
4. Bilaslah wadah yang telah dibersihkan dengan menggunakan air bersih.
5. Pasanglah peralatan aerasi dengan merangkaikan antara aerator, selang aerasi dan batu aerasi, masukkan kedalam wadah budidaya. Ceklah keberfungsian peralatan tersebut dengan memasukkan kedalam arus listrik.
6. Buatlah larutan garam untuk media penetasan cyst artemia

dengan cara melarutkan garam dapur (NaCl) kedalam air tawar dengan dosis 35 gram perliter air tawar.

7. Ukurlah salinitas media penetasan dengan menggunakan alat refraktometer, catat. Jika salinitas media tidak sesuai dengan yang diinginkan tambahkan garam atau air tawar kedalam media sampai diperoleh salinitas media sesuai kebutuhan.

Inokulasi Artemia

Ada beberapa langkah yang harus dilakukan sebelum melakukan inokulasi bibit pakan alami kedalam media kultur yaitu pertama melakukan identifikasi jenis bibit pakan alami Artemia, kedua melakukan seleksi terhadap bibit pakan alami Artemia, ketiga melakukan inokulasi bibit pakan alami sesuai dengan prosedur.

Identifikasi Artemia perlu dilakukan agar tidak terjadi kesalahan dalam

melakukan inokulasi. Artemia merupakan salah satu jenis zooplankton yang hidup diperairan laut yang bersalinitas antara 42 sampai dengan 316 permil. Berdasarkan klasifikasinya Artemia sp dapat dimasukkan kedalam :

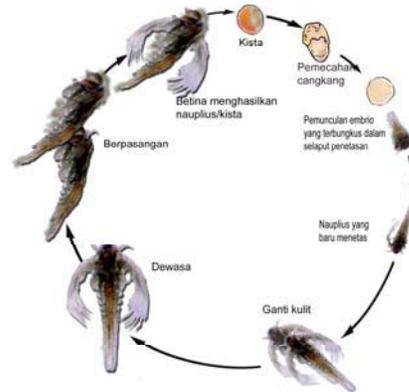
- Filum : Arthropoda
- Kelas : Crustacea
- Ordo : Anostraca
- Famili : Artemidae
- Genus : Artemia
- Spesies : Artemia salina

Morfologi Artemia dapat dilihat secara langsung dibawah mikroskop, ciri khas nya yang sangat mudah untuk dikenali setelah siste artemia menetas adalah berubah menjadi nauplius. Dalam perkembangannya mengalami 15 kali perubahan bentuk (metamorfosis) , setiap kali perubahan bentuk merupakan tahapan suatu tingkatan yaitu instar I – instar XV, setelah itu menjadi artemia dewasa.

Tubuh Artemia dewasa mempunyai ukuran 1 – 2 cm dengan sepasang kaki majemuk dan 11 pasang thoracopoda. Setiap thoracopoda mempunyai eksopodit, endopodit dan epipodite yang masing-masing berfungsi sebagai alat pengumpul pakan, alat berenang dan alat pernafasan. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 7.

Artemia yang akan ditebar kedalam media penetasan berasal dari cyst artemia. Cyst artemia berupa telur yang mengalami fase istirahat karena kondisi lingkungan perairan buruk . Hal ini terjadi karena sifat induk artemia di alam mempunyai dua cara perkembangbiakan yaitu

pada saat kondisi perairan baik maka telur yang dihasilkan akan langsung menetas menjadi nauplius (ovovivipar) sedangkan pada kondisi perairan buruk akan disimpan dalam bentuk telur (kista) disebut juga ovipar. Untuk lebih jelasnya tentang perkembangbiakan Artemia dapat dilihat pada Gambar 7.22.



Gambar 7.22. Perkembangbiakan Artemia

Cara yang dilakukan dalam melakukan inokulasi adalah dengan menebarkannya secara hati-hati kedalam media kultur sesuai dengan padat tebar yang telah ditentukan. Penebaran bibit Artemia ini sebaiknya dilakukan pada saat suhu perairan tidak terlalu tinggi yaitu pada pagi dan sore hari.

Bagaimanakah anda melakukan penebaran cyst Artemia yang akan digunakan untuk menetasan cyst Artemia didalam wadah budidaya yang dilakukan secara terkontrol ? Apakah cyst Artemia itu? Untuk menjawab pertanyaan tersebut mari

kita diskusikan dan pelajari dari buku ini.

Cyst Artemia atau siste Artemia adalah telur yang telah berkembang lebih lanjut menjadi embrio dan kemudian diselubungi oleh cangkang yang tebal dan kuat. Cangkang ini berguna untuk melindungi embrio terhadap pengaruh kekeringan, benturan keras, sinar ultra violet dan mempermudah pengapungan. Jadi cyst artemia itu yang akan ditetaskan adalah hasil dari perkawinan artemia dewasa jantan dan betina yang pada kondisi lingkungan buruk akan membentuk fase istirahat atau dorman. Dan biasanya disebut telur kering (diapauze).

Artemia yang dijual dipasaran merupakan hasil budidaya atau eksploitasi dari alam yang dikemas dalam kemasan kaleng dengan berat rata-rata 450 gram. Telur artemia yang berasal dari laut atau tambak ini dipanen dengan menggunakan seser, kemudian dibersihkan dari kotoran-kotoran yang melekat. Kista yang berisi embrio akan mengapung dipermukaan air. Kemudian kista tersebut dikeringkan dibawah sinar matahari atau dengan alat pengering/oven dengan suhu sebaiknya tidak lebih dari 40°C . Pengeringan didalam alat pengering ini dilakukan selama tiga jam sampai kadar air dari siste tersebut kurang dari 10% agar tahan lama dalam penyimpanan. Lama penyimpanan siste artemia jika dilakukan pengemasan dengan kaleng tanpa udara atau kantong plastik berisi gas Nitrogen adalah lima tahun.

Berapakah kebutuhan cyst artemia yang harus ditetaskan untuk memenuhi kebutuhan produksi? Untuk menjawab hal tersebut ada beberapa hal yang harus dipahami antara lain adalah padat penebaran cyst atau siste artemia didalam media penetasan dan disesuaikan dengan volume media penetasan. Berdasarkan pengalaman beberapa akuakultoris dalam menetaskan cyst artemia, padat penebaran yang digunakan adalah 5-7 gram/liter. Semakin besar wadah yang digunakan maka jumlah siste yang akan ditebarkan akan semakin banyak. Oleh karena itu harus dipilih wadah yang tepat untuk menetaskan siste artemia tersebut.

Setelah ditentukan padat penebaran yang akan dilakukan dalam penetasan cyst artemia, langkah selanjutnya jika media penetasan sudah dipersiapkan dan volumenya sudah dihitung adalah melakukan penebaran siste artemia kedalam media penetasan. Cara yang dilakukan untuk melakukan penebaran siste artemia adalah :

1. Tentukan volume media penetasan.
2. Hitung jumlah siste yang akan ditebar sesuai dengan volume media penetasan sesuai dengan dosis yang telah ditetapkan.
3. Ambil siste artemia dan timbanglah sesuai kebutuhan.
4. Masukkan siste kedalam wadah yang berisi media penetasan sesuai dengan salinitas yang telah ditetapkan dengan cara menuangkan secara perlahan siste kedalam media, pada saat siste ditebar sebaiknya selang aerasi dihentikan terlebih dahulu

agar siste tersebut berada didalam media penetasan.

Langkah kerja dalam menebar cyst artemia adalah sebagai berikut :

1. Siapkan alat dan bahan yang akan digunakan sebelum menebar cyst Artemia.
2. Tentukan padat penebaran cyst Artemia dan volume media penetasan!
3. Hitunglah jumlah cyst yang akan ditebar setelah ditentukan pada point 2 berdasarkan volume media penetasan !
4. Lakukan penimbangan dengan tepat berdasarkan perhitungan jumlah cyst Artemia pada point 3.
5. Masukkanlah cyst Artemia yang telah ditimbang kedalam media penetasan secara hati-hati, lepaskan aerasi didalam media penetasan pada saat dilakukan penebaran !
6. Pasanglah aerasi setelah cyst Artemia ditebarkan kedalam media penetasan !
7. Amati proses penetasan cyst Artemia dengan menghitung percentage penetasannya!

$$\text{Persentase penetasan (Hatching Persentase)} = \frac{N}{C} \times 100\%$$

Dimana :

N : jumlah nauplius yang menetas

C : jumlah cyst yang ditebar

Artemia salina merupakan salah satu zooplankton sebagai sumber pakan alami yang sangat cocok bagi larva ikan konsumsi maupun ikan hias.

Jenis pakan alami ini dapat diperoleh dengan cara membudidayakan Artemia di lahan budidaya/ tambak atau hanya menetaskan cyst/siste Artemia yang dibeli dalam bentuk kemasan kaleng berisi 450 gram dan ditetaskan dalam wadah budidaya yang sesuai sampai dipelihara sesuai dengan kebutuhan.

Dalam menetaskan cyst/siste artemia ada beberapa tahapan yang harus dilakukan antara lain adalah memantau proses penetasan cyst artemia. Cyst artemia yang ditetaskan dalam wadah budidaya berbentuk kerucut dan bening akan sangat mudah untuk memantau proses penetasannya. Proses penetasan artemia akan berlangsung selama 24-48 jam. Cyst Artemia yang diperdagangkan merupakan cyst yang telah dikeringkan dengan kadar air kurang dari 10%. Oleh karena itu dalam proses penetasan dapat dilakukan dengan dua metoda yaitu metoda Dekapsulasi dan metoda tanpa dekapsulasi. Dari kedua metoda tersebut akan terjadi proses penetasan yang berbeda.

Proses penetasan dengan menggunakan metoda dekapsulasi, cyst artemia pada tahap awal dilakukan perendaman dengan air tawar selama satu jam yang berfungsi untuk meningkatkan kadar air pada cyst artemia dan cyst artemia tersebut akan menggembung karena air masuk kedalam cyst, Cyst yang menggembung akan mulai terjadi proses metabolisme. Setelah satu jam direndam dan cyst sudah mengandung kadar air kurang lebih 65% maka cyst artemia tersebut

disaring dengan menggunakan kain saringan 120 mikron serta dicuci dengan air tawar atau air laut sampai bersih. Kemudian dimasukkan kedalam larutan hipoklorit yang telah disiapkan lengkap dengan aerasinya. Proses dekapsulasi berlangsung selama 10-15 menit. Proses dekapsulasi ditandai dengan terjadinya perubahan warna siste dari coklat menjadi abu-abu dan akhirnya berwarna jingga serta air didalam wadah mengandung buih atau busa.

Setelah proses dekapsulasi selesai siste yang sudah tidak bercangkang diambil dengan alat penyedot dan disaring dengan menggunakan alat penyaring dari kasa kawat baja tahan karat (stainless steel) dengan ukuran mata 120-150 mikron. Proses pencucian dilakukan dengan menggunakan air tawar atau air laut sampai bau chlorine hilang. Siste yang sudah tidak bercangkang tersebut masih berupa siste yang telanjang belum menetas karena masih diselubungi oleh selaput embrio yang tipis. Oleh karena itu masih harus dilakukan penetasan dengan menggunakan air laut yang bersalinitas 5-35 permil.

Proses penetasan cyst artemia dengan metoda dekapsulasi selanjutnya adalah melarutkan siste tersebut dengan larutan garam bersalinitas antara 5 permil sampai dengan 35 permil. Waktu yang dibutuhkan sampai siste tersebut menetas menjadi nauplius dibutuhkan waktu sekitar 24 - 48 jam.

Proses penetasan cyst/siste artemia dengan metoda tanpa dekapsulasi

dilakukan dengan cara siste yang akan ditetaskan ditimbang sesuai dengan dosis yang digunakan misalnya 5 gram siste per liter air media penetasan. Kemudian wadah dan media penetasan disiapkan sesuai persyaratan teknis yang telah ditentukan, siste artemia dimasukkan kedalam media penetasan yang diberi aerasi dengan kecepatan 10 – 20 liter udara/menit, suhu dipertahankan 25 – 30 °C dan pH sekitar 8 – 9. Media penetasan diberi sinar yang berasal dari lampu TL dengan intensitas cahaya minimal 1.000 lux. Intensitas cahaya tersebut dapat diperoleh dari lampu TL/neon 60 watt sebanyak dua buah dengan jarak penyinaran dari lampu ke wadah penetasan adalah 20 cm. Penetasan cyst artemia akan berlangsung selama 24-48 jam kemudian.

Langkah Kerja Memantau proses penetasan artemia adalah sebagai berikut :

1. Siapkan alat dan bahan yang akan digunakan sebelum melakukan pemantauan proses penetasan artemia.
2. Amati siste artemia didalam media penetasan, catat dan diskusikan !
3. Amati setiap jam perkembangan dari siste artemia dibawah mikroskop dan catat jam terjadinya penetasan siste menjadi nauplius !
4. Hitunglah jumlah persentase siste yang menetas didalam media penetasan sesuai dengan rumus !

Pakan alami artemia yang telah ditetaskan di media penetasan

bertujuan untuk diberikan kepada larva/benih yang dipelihara. Kebutuhan larva/benih ikan akan pakan alami Artemia selama pemeliharaan adalah setiap hari. Oleh karena itu waktu pemanenan pakan alami itu sangat bergantung kepada kebutuhan larva/benih akan pakan alami Artemia. Pemanenan pakan alami Artemia ini dapat dilakukan setiap hari atau seminggu sekali atau dua minggu sekali. Hal tersebut bergantung kepada kebutuhan suatu usaha terhadap ketersediaan pakan alami Artemia.

Pemanenan pakan alami Artemia yang dilakukan setiap hari biasanya jumlah yang dipanen adalah kurang dari 20%. Pemanenan Artemia dapat juga dilakukan seminggu sekali atau dua minggu sekali sangat bergantung kepada ukuran Artemia yang akan diberikan kepada larva/benih ikan. Cyst artemia yang baru menetas mempunyai ukuran antara 200-350 mikrometer (0,2-0,35 mm) dan disebut nauplius. Duapuluh empat jam setelah menetas nauplius artemia ini akan mulai tumbuh organ pencernaannya, oleh karena itu pada masa tersebut artemia sudah mulai makan dengan adanya makanan didalam media penetasan artemia akan tumbuh dan berkembang. Artemia menjadi dewasa pada umur empatbelas hari dan akan beranak setiap empat sampai lima hari sekali. Jadi waktu panen artemia sangat ditentukan oleh ukuran besar mulut larva yang akan mengkonsumsinya dengan ukuran artemia yang akan ditetaskan. Jika didalam media penetasan tidak terdapat sumber makanan bagi artemia maka artemia tidak akan tumbuh dan berkembang

melainkan akan mati secara perlahan-lahan karena kekurangan energi. Pada beberapa usaha pembenihan biasanya hanya dilakukan penetasan cyst artemia tanpa melakukan pemeliharaan terhadap cyst yang telah ditetaskan.

Setelah cyst artemia menetas 24-48 jam setelah ditetaskan maka akan dilakukan pemanenan cyst artemia dengan cara sebagai berikut :

1. Lepaskan aerasi yang ada didalam wadah penetasan.
2. Lakukan penutupan wadah penetasan pada bagian atas dengan menggunakan plastik hitam agar artemia yang menetas akan berkumpul pada bagian bawah wadah penetasan. Artemia mempunyai sifat fototaksis positif yang akan bergerak menuju sumber cahaya.
3. Diamkan beberapa lama (kurang lebih 15-30 menit) sampai seluruh cyst yang telah menetas berkumpul didasar wadah.
4. Lakukan penyedotan dengan selang untuk mengambil artemia yang telah menetas dan ditampung dengan kain saringan yang diletakkan didalam wadah penampungan.
5. Bersihkan artemia yang telah dipanen dengan menggunakan air tawar yang bersih dan siap untuk diberikan kepada larva/benih ikan konsumsi/ikan hias.

7.3.3. Budidaya Rotifera

Peralatan dan wadah yang dapat digunakan dalam mengkultur pakan alami Rotifera ada beberapa macam.

Jenis-jenis wadah yang dapat digunakan antara lain adalah bak semen, tanki plastik, bak beton, bak fiber dan kolam tanah. Sedangkan peralatan yang dibutuhkan untuk melakukan budidaya Rotifera antara lain adalah aerator/blower, selang aerasi, batu aerasi, selang air, timbangan, kantong plastik, tali rafia, saringan halus/seser, ember, gayung, gelas ukur kaca.

Pemilihan wadah yang akan digunakan dalam membudidayakan Rotifera sangat bergantung kepada tujuannya. Wadah yang terbuat dari bak semen, bak beton, bak fiber dan tanki plastik biasanya digunakan untuk membudidayakan Rotifera secara selektif yaitu membudidayakan pakan alami ditempat terpisah dari ikan yang akan mengkonsumsi pakan alami. Sedangkan wadah budidaya kolam tanah biasanya dilakukan untuk membudidayakan pakan alami nonselektif yaitu membudidayakan pakan alami secara bersama-sama dengan ikan yang akan mengkonsumsi pakan alami tersebut.

Rotifera yang dipelihara didalam wadah pemeliharaan akan tumbuh dan berkembang oleh karena itu harus dipantau kepadatan populasi Rotifera didalam wadah. Alat yang digunakan adalah gelas ukur kaca yang berfungsi untuk melihat kepadatan populasi Rotifera yang dibudidayakan didalam wadah pemeliharaan. Selain itu diperlukan juga seser atau saringan halus pada saat akan melakukan pemanenan Rotifera. Rotifera yang telah dipanen tersebut dimasukkan kedalam ember plastik untuk memudahkan dalam

pengangkutan dan digunakan juga gayung plastik untuk mengambil media air budidaya Rotifera yang telah diukur kepadatannya.

Setelah berbagai macam peralatan dan wadah yang digunakan dalam membudidayakan pakan alami Rotifera diidentifikasi dan dijelaskan fungsi dan cara kerjanya, langkah selanjutnya adalah melakukan persiapan terhadap wadah tersebut. Langkah pertama adalah peralatan dan wadah yang akan digunakan ditentukan sesuai dengan skala produksi dan kebutuhan. Peralatan dan wadah disiapkan untuk digunakan dalam budidaya Rotifera. Wadah yang akan digunakan dibersihkan dengan menggunakan sikat dan diberikan desinfektan untuk menghindari terjadinya kontaminasi dengan mikroorganisme yang lain. Wadah yang telah dibersihkan selanjutnya dapat diisi dengan air bersih.

Wadah budidaya yang telah diisi dapat digunakan untuk memelihara Rotifera. Air yang dimasukkan kedalam wadah budidaya harus bebas dari kontaminan seperti pestisida, deterjen dan chlor. Air yang digunakan sebaiknya diberi oksigen dengan menggunakan aerator dan batu aerasi yang disambungkan dengan selang aerasi. Aerasi ini dapat digunakan pula untuk menetralkan chlor atau menghilangkan Carbondioksida didalam air. Kedalaman air didalam wadah budidaya yang optimum adalah 50 cm dan maksimum adalah 90 cm.

Langkah kerja dalam menyiapkan peralatan dan wadah kultur pakan alami Rotifera adalah sebagai berikut :

1. Siapkan alat dan bahan yang akan digunakan dan sebutkan fungsi dan cara kerja peralatan tersebut!
2. Tentukan wadah yang akan digunakan untuk membudidayakan Rotifera !
3. Bersihkan wadah dengan menggunakan sikat dan disiram dengan air bersih, kemudian lakukan pembersihan wadah dengan menggunakan desinfektan sesuai dengan dosisnya.
4. Bilaslah wadah yang telah dibersihkan dengan menggunakan air bersih.
5. Pasanglah peralatan aerasi dengan merangkaikan antara aerator, selang aerasi dan batu aerasi, masukkan kedalam wadah budidaya. Ceklah keberfungsian peralatan tersebut dengan memasukkan kedalam arus listrik.
6. Masukkan air bersih yang tidak terkontaminasi kedalam wadah budidaya dengan menggunakan selang plastik dengan kedalaman air yang telah ditentukan, misalnya 50 cm.

Media seperti apakah yang dapat digunakan untuk tumbuh dan berkembang pakan alami Rotifera. Rotifera merupakan hewan air yang hidup diperairan tawar subtropik dan tropik baik di daerah danau, sungai dan kolam-kolam. Berdasarkan habitat alaminya pakan alami Rotifera ini dapat hidup pada perairan yang mengandung unsur hara. Unsur hara ini dalam diperoleh

dari hasil dekomposisi nutrien yang ada didasar perairan. Untuk melakukan budidaya pakan alami diperlukan unsur hara tersebut didalam media budidaya. Unsur hara yang dimasukkan kedalam media tersebut pada umumnya adalah pupuk.

Jenis pupuk yang dapat digunakan sebagai sumber unsur hara pada media kultur pakan alami Rotifera adalah pupuk organik dan anorganik. Pemilihan antara kedua jenis pupuk tersebut sangat bergantung kepada ketersediaan pupuk tersebut dilokasi budidaya, dan kedua jenis pupuk tersebut dapat digunakan sebagai sumber unsur hara.

Jenis pupuk organik yang biasa digunakan adalah pupuk kandang, pupuk kandang adalah pupuk yang berasal dari campuran antara kotoran hewan dengan sisa makanan dan alas tidur hewan tersebut. Campuran ini telah mengalami pembusukan sehingga sudah tidak berbentuk seperti semula. Pupuk kandang yang akan dipergunakan sebagai pupuk dalam media kultur pakan alami adalah pupuk kandang yang telah kering. Mengapa pupuk kandang yang digunakan harus yang kering ? Pupuk kandang yang telah kering sudah mengalami proses pembusukan secara sempurna sehingga secara fisik seperti warna, rupa, tekstur, bau dan kadar airnya tidak seperti bahan aslinya.

Pupuk kandang ini jenisnya ada beberapa macam antara lain adalah pupuk yang berasal dari kotoran hewan sapi, kerbau, kelinci, ayam,

burung dan kuda. Dari berbagai jenis kotoran hewan tersebut yang biasa digunakan adalah kotoran ayam dan burung puyuh. Kotoran ayam dan burung puyuh yang telah kering ini digunakan dengan dosis sesuai kebutuhan.

Jenis pupuk anorganik juga bisa digunakan sebagai sumber unsur hara pada media kultur Rotifera jika pupuk kandang tidak terdapat di lokasi tersebut. Jenis pupuk anorganik yang biasa digunakan adalah pupuk yang mengandung unsur Nitrogen, Fosfat dan Kalium. Pupuk anorganik yang banyak mengandung unsur nitrogen dan banyak dijual dipasaran adalah urea, Zwavelzure Ammoniak (ZA), sedangkan unsur fosfat adalah Triple Superphosphat (TSP). Untuk lebih mudahnya saat ini juga sudah dijual pupuk majemuk yang mengandung unsur Nitrogen, Phosphate dan Kalium (NPK).

Pupuk yang dimasukkan kedalam media kultur pakan alami yang berfungsi untuk menumbuhkan bakteri, fungi, detritus dan beragam phytoplankton sebagai makanan utama Rotifera. Dengan tumbuhnya pakan Rotifera di dalam media kultur maka pakan alami yang akan dipelihara di dalam wadah budidaya tersebut akan tumbuh dan berkembang.

Berapakah dosis pupuk yang harus ditebarkan kedalam media kultur pakan alami Rotifera ? Berdasarkan pengalaman beberapa pembudidaya dosis yang digunakan untuk pupuk kandang dari kotoran ayam sebanyak 500 gram/m³, sedangkan

yang berasal dari kotoran burung puyuh adalah 1000 gram/m³, atau 1,0 gram/liter. Tetapi dosis pupuk kandang yang berasal dari kotoran burung puyuh berdasarkan hasil penelitian dan memberikan pertumbuhan populasi Rotifera pada hari ketujuh sebanyak 80 individu/liter.

Dosis yang digunakan untuk pupuk anorganik harus dihitung berdasarkan kebutuhan unsur hara yang dibutuhkan. Beberapa pembudidaya ada yang menggunakan pupuk nitrat dan fosfat sebagai unsur hara yang dimasukkan kedalam media kultur pakan alami. Dosis yang digunakan dihitung berdasarkan kandungan unsur hara yang terdapat dalam pupuk anorganik, misalnya pupuk yang akan digunakan adalah urea dan ZA. Kadar unsur N dalam urea adalah 46%, artinya dalam setiap 100 kg urea mengandung unsur N sebanyak 46 kg. Untuk ZA kadar N nya 21% , artinya kadar N dalam pupuk ZA adalah 21 kg. Sedangkan pupuk kandang yang baik mengandung unsur N sebanyak 1,5–2%. Oleh karena dalam menghitung jumlah pupuk anorganik yang dibutuhkan dalam media kultur pakan alami dilakukan perhitungan matematis. Misalnya kebutuhan urea adalah $V_1N_1 = V_2N_2$, $2 \times 1,5 = V \times 46$, maka kebutuhan urea adalah $3 : 46 = 0,065$ kg.

Pupuk yang telah ditentukan akan digunakan sebagai sumber unsur hara dalam media kultur pakan alami selanjutnya dihitung dan ditimbang sesuai dengan dosis yang dibutuhkan. Penimbangan dilakukan

setelah wadah budidaya disiapkan. Kemudian pupuk tersebut dimasukkan kedalam kantong plastik atau karung plastik diikat dan di lubangi dengan menggunakan paku atau gunting agar pupuk tersebut dapat mudah larut didalam media kultur pakan alami Rotifera. Pupuk tersebut akan berproses didalam media dan akan tumbuh mikroorganismenya sebagai makanan utama dari Rotifera. Waktu yang dibutuhkan oleh proses dekomposisi pupuk didalam media kultur pakan alami Rotifera ini berkisar antara 7 – 14 hari. Setelah itu baru bisa dilakukan penebaran bibit Rotifera kedalam media kultur.

Selama dalam pemeliharaan harus terus dilakukan pemupukan susulan seminggu sekali dengan dosis setengah dari pemupukan awal. Pakan alami Rotifera mempunyai siklus hidup yang relatif singkat yaitu 4 – 12 hari. Oleh karena itu agar pembudidayaannya bisa berlangsung terus harus selalu diberikan pemupukan susulan. Dalam memberikan pemupukan susulan ini caranya hampir sama dengan pemupukan awal dan ada juga yang memberikan pemupukan susulannya dalam bentuk larutan pupuk yang dicairkan.

Parameter kualitas air didalam media kultur pakan alami Rotifera juga harus dilakukan pengukuran. Rotifera akan tumbuh dan berkembang pada media kultur yang mempunyai kandungan Oksigen terlarut sebanyak > 5 ppm, kandungan amonia < 1 ppm, suhu air berkisar antara 28 – 30 °C dan pH air antara 6 – 8.

Langkah kerja yang harus dilakukan pada pembuatan media budidaya Rotifera sama dengan budidaya Daphnia.

Ada beberapa langkah yang harus dilakukan sebelum melakukan inokulasi bibit pakan alami kedalam media kultur yaitu pertama melakukan identifikasi jenis bibit pakan alami Rotifera, kedua melakukan seleksi terhadap bibit pakan alami Rotifera, ketiga melakukan inokulasi bibit pakan alami sesuai dengan prosedur .

Identifikasi Rotifera perlu dilakukan agar tidak terjadi kesalahan dalam melakukan inokulasi. Rotifera merupakan salah satu jenis zooplankton yang hidup diperairan tawar didaerah tropis dan subtropis. Berdasarkan klasifikasinya Rotifera sp dapat dimasukkan kedalam :

| | |
|-----------|----------------------------------|
| Filum | : Rotifera |
| Kelas | : Monogononta |
| Ordo | : Ploima |
| Famili | : Brachionidae |
| Subfamili | : Brachioninae |
| Genus | : Brachionus |
| Spesies | : <i>Brachionus calyciflorus</i> |

Morfologi Rotifera dapat dilihat secara langsung dibawah mikroskop, ciri khas nya yang sangat mudah untuk dikenali adalah adanya corona atau semacam selaput yang dikelilingi cilia yang mencolok disekitar mulutnya. Lingkaran cilia dibagian anterior terdapat diatas pedestal yang terbagi dua yang disebut trochal disk. Gerakan membranela pada trochal disk seperti dua roda yang berputar.

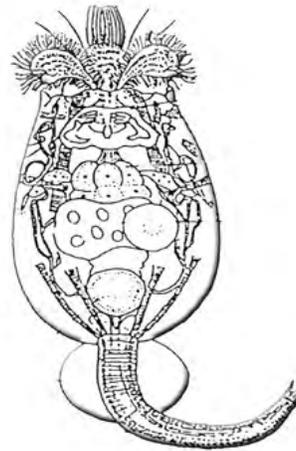
Trochal disk digunakan untuk berenang dan makan.

Tubuh Rotifera umumnya transparan, beberapa berwarna hijau, merah atau coklat yang disebabkan oleh warna makanan yang ada disekitar saluran pencernaannya. Tubuh terbagi atas tiga bagian yaitu bagian kepala yang pendek, badan yang besar dan kaki atau ekor. Bentuk tubuh agak panjang dan silindris. Pada kepala terdapat corona yang berguna sebagai alat untuk mengalirkan makanan, organ perasa atau peraba dan bukaan mulut.

Rongga badan berisi cairan tubuh dan terdapat beberapa organ tubuh, yaitu saluran pencernaan yang terdiri dari mastax dengan kelenjar ludah, oesophagus, lambung dengan kelenjar perut dan usus. Organ ekresi, organ genital meliputi germanium atau ovari dan vitellarium. Sejumlah otot-otot melingkar dan membujur yang meluas sampai ke kepala dan kaki. Kepala dan badan tidak jelas batasnya, kaki ramping dan ujung kaki mengecil, pada ujung kaki terdapat dua ruas semu atau lebih bahkan kadang-kadang tidak terlihat karena ditarik kedalam tubuh atau mengkerut dan adakalanya tidak. Kaki yang beruas semu mempunyai dua jari dan mengandung kelenjar kaki yang bermuara di ujung jari.

Badan *Brachionus* dilapisi kutikula yang membentuk lapisan agak tebal dan kaku yang disebut lorica. Ukuran

lorica berbeda-beda untuk setiap spesies yang sama pada habitat berbeda. Rata-rata lebar lorica *Brachionus calyciflorus* bervariasi antara 124 – 300 mikron. Panjang tubuh berkisar antara 200 – 500 μm . Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 7.23.



Gambar 7.23. Rotifera

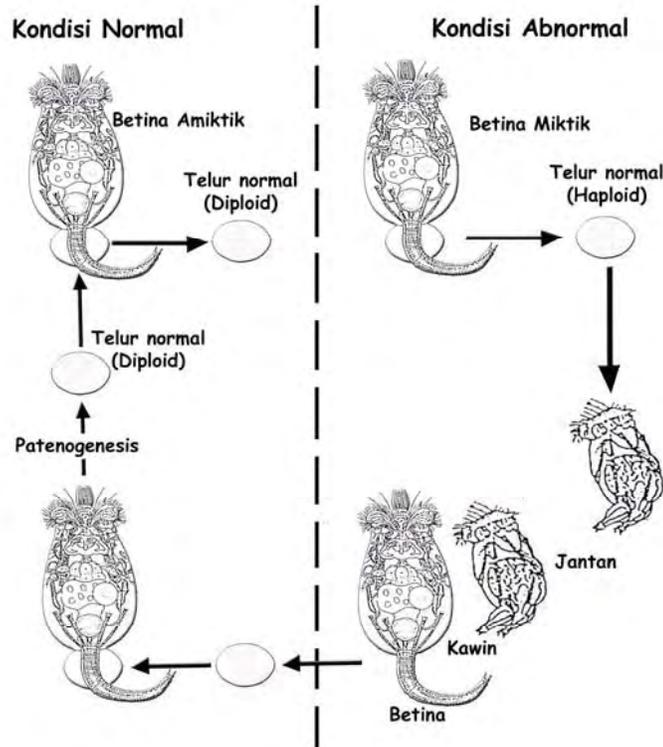
Langkah selanjutnya setelah dapat mengidentifikasi jenis Rotifera yang akan ditebar kedalam media kultur adalah melakukan pemilihan terhadap bibit Rotifera. Pemilihan bibit Rotifera yang akan ditebar kedalam media kultur harus dilakukan dengan tepat. Bibit yang akan ditebar kedalam media kultur harus yang sudah dewasa. Rotifera dewasa berukuran 2,5 mm, anak pertama sebesar 0,8 mm dihasilkan secara parthenogenesis. Ukuran badan dan nilai kalori rotifer berdasarkan volume dan bobot dapat dilihat pada tabel 7.9.

Tabel 7.9. Ukuran badan dan nilai kalori rotifer (*Brachionus* sp)

| Rotifer | Panjang lorika (µm) | Lebar lorika (µm) | Volume (ml) | Bobot (µg) | Nilai kalori (10 ⁻⁷ kkal) |
|-------------|---------------------|-------------------|-------------|------------|--------------------------------------|
| Betina | 273 ± 13 | 170 | 1,77 | 0,195 | 10,89 |
| Jantan | 113 ± 3 | 92 | 0,29 | 0,031 | 1,75 |
| Telur | 128 ± 1 | 105 | 0,90 | 0,096 | 5,50 |
| Telur Kista | 98 ± 4 | 77 | 0,30 | 0,033 | 1,85 |

Perkembangbiakan Rotifera di dalam media kultur dapat dilakukan dengan dua cara yaitu secara sexual dan asexual. Perkembangbiakan secara asexual (tidak kawin) yang disebut dengan Parthenogenesis terjadi dalam keadaan normal. Sifat yang khas pada rotifera adalah adanya dua tipe jenis betina yaitu betina miktik dan amiktik. Betina amiktik menghasilkan telur yang akan berkembang menjadi betina amiktik pula. Tetapi dalam keadaan lingkungan yang kurang menguntungkan (tidak normal) seperti terjadi perubahan salinitas,

suhu air dan kualitas pakan, maka telur betina amiktik tersebut dapat menetas menjadi betina miktik. Betina miktik ini akan menghasilkan telur yang akan berkembang menjadi jantan. Bila jantan dan betina miktik tersebut kawin, maka betina miktik akan menghasilkan telur dorman (dorman egg) dengan cangkang yang keras dan tebal yang tahan terhadap kondisi perairan yang jelek dan kekeringan, dan dapat menetas bila keadaan perairan telah normal kembali. Lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 7.24.



Gambar 7.24. Daur hidup rotifer (*Brachionus* sp)

Rotifera mempunyai umur hidup yang relatif singkat yaitu antara 4 – 19 hari. Menurut beberapa ahli 24 jam setelah menetas *Brachionus* muda telah menjadi dewasa dan dapat menghasilkan telur 2 sampai 3 butir. Hal ini telah diperkuat oleh peneliti bahwa jumlah telur yang dihasilkan oleh induk betina *Brachionus calyciflorus* yang dikultur secara khusus di laboratorium adalah rata-rata 3 – 6 butir. Sedangkan pengetahuan tentang jumlah telur yang dihasilkan oleh betina miktik masih sedikit sekali, tetapi diduga tidak jauh berbeda dari

jumlah telur yang dihasilkan oleh betina amiktik.

Setelah dapat membedakan antara individu Rotifera yang telur, anak, remaja dan dewasa maka selanjutnya adalah memilih individu yang dewasa sebagai calon bibit yang akan ditebarkan kedalam media kultur. Jumlah bibit yang akan ditebarkan kedalam media kultur sangat bergantung kepada volume media kultur. Padat penebaran bibit yang akan diinokulasi kedalam media kultur biasanya adalah 20 – 25 individu perliter.

Cara yang dilakukan dalam melakukan inokulasi adalah dengan menebarkannya secara hati-hati kedalam media kultur sesuai dengan padat tebar yang telah ditentukan. Penebaran bibit Rotifera ini sebaiknya dilakukan pada saat suhu perairan tidak terlalu tinggi yaitu pada pagi dan sore hari.

Langkah kerja dalam menebar bibit pakan alami rotifera adalah sebagai berikut :

1. Siapkan alat dan bahan yang akan digunakan sebelum melakukan inokulasi/penanaman bibit pakan alami Rotifera!
2. Siapkan mikroskop dan peralatannya untuk mengidentifikasi jenis Rotifera yang akan dibudidayakan!
3. Ambillah seekor Rotifera dengan menggunakan pipet dan letakkan diatas objec glass, dan teteskan formalin agar individu tersebut tidak bergerak !
4. Letakkan objec glass dibawah mikroskop dan amati morfologi Rotifera serta cocokkan dengan gambar 6.
5. Lakukan pengamatan terhadap individu Rotifera beberapa kali ulangan agar dapat membedakan tahapan stadia pada Rotifera yang sedang diamati dibawah mikroskop !
6. Hitunglah panjang tubuh individu Rotifera dewasa beberapa ulangan dan perhatikan ukuran tersebut dengan kasat mata!
7. Lakukanlah pemilihan bibit yang akan ditebarkan kedalam media kultur dan letakkan dalam wadah yang terpisah!
8. Tentukan padat penebaran yang akan digunakan dalam budidaya

pakan alami Rotifera tersebut sebelum dilakukan penebaran.

9. Hitunglah jumlah bibit yang akan ditebar tersebut sesuai dengan point 8.
10. Lakukan penebaran bibit pakan alami Rotifera pada pagi atau sore hari dengan cara menebarkannya secara perlahan-lahan kedalam media kultur.

Pemupukan susulan pada budidaya rotifera dilakukan sama dengan budidaya daphnia. Frekuensi pemupukan susulan ditentukan dengan melihat sample air didalam media kultur , parameter yang mudah dilihat adalah jika transparansi kurang dari 0,3 m didalam media kultur. Hal ini dapat dilihat dari warna air media yang berwarna keruh atau warna teh bening. Jika hal tersebut terjadi segera dilakukan pemupukan susulan. Jenis pupuk yang digunakan sama dengan pemupukan awal.

Mengapa pertumbuhan populasi pakan alami Rotifera harus dipantau ? Kapan waktu yang tepat dilakukan pemantauan populasi pakan alami Rotifera yang dibudidayakan didalam media kultur ? Bagaimana kita menghitung kepadatan populasi pakan alami Rotifera didalam media kultur ? Mari kita jawab pertanyaan-pertanyaan tersebut dengan mempelajari beberapa referensi tentang hal tersebut atau dari majalah dan internet yang dapat menjawabnya. Didalam handout ini akan diuraikan secara singkat tentang pertumbuhan

Rotifera, menghitung kepadatan populasi dan waktu pemantauannya.

Rotifera yang dipelihara dalam media kultur yang tepat akan mengalami pertumbuhan yang cepat. Secara biologis Rotifera akan tumbuh dewasa pada umur satu hari (24 jam setelah menetas), jika pada saat inokulasi yang ditebarkan adalah bibit Rotifera yang dewasa maka dalam waktu dua hari bibit Rotifera tersebut sudah mulai beranak, karena periode maturasi Rotifera pada media yang mempunyai suhu 25 °C adalah satu hari. Jumlah telur yang dikeluarkan dari satu induk bibit Rotifera adalah sebanyak 2 – 3 butir. Daur hidup Rotifera adalah 6 – 19 hari dan Rotifera menjadi dewasa hanya dalam waktu satu hari, sehingga bisa diperhitungkan prediksi populasi Rotifera didalam media kultur.

Berdasarkan siklus hidup Rotifera maka kita dapat menentukan waktu yang tepat untuk dilakukan pemanenan sesuai dengan kebutuhan larva atau benih ikan yang akan mengkonsumsi pakan alami Rotifera. Ukuran Rotifera yang dewasa dan anak-anak berbeda oleh karena itu perbedaan ukuran tersebut sangat bermanfaat bagi ikan yang akan mengkonsumsi dan disesuaikan dengan ukuran bukaan mulut larva.

Pemantauan pertumbuhan pakan alami Rotifera di media kultur harus dilakukan agar tidak terjadi kepadatan populasi yang mengakibatkan tingkat kematian yang tinggi didalam media. Hal

tersebut diakibatkan oleh kurangnya oksigen didalam media kultur. Tingkat kepadatan populasi yang maksimal didalam media kultur adalah 80 individu permililiter, walaupun ada juga yang mencapai kepadatan 120 – 150 individu permililiter.

Untuk mengukur tingkat kepadatan populasi Rotifera didalam media kultur dilakukan dengan cara sampling beberapa titik dari media, minimal tiga kali sampling. Sampling dilakukan dengan cara mengambil air media kultur yang berisi Rotifera dengan menggunakan baker glass atau erlemeyer. Hitunglah jumlah Rotifera yang terdapat dalam botol contoh tersebut, data tersebut dapat dikonversikan dengan volume media kultur.

Langkah Kerja dalam memantau pertumbuhan populasi pakan alami Rotifera adalah sebagai berikut :

1. Siapkan alat dan bahan yang akan digunakan sebelum melakukan pemantauan pertumbuhan populasi pakan alami Rotifera.
2. Tentukan waktu pemantauan kepadatan populasi sesuai dengan prediksi tingkat pertumbuhan Rotifera di media kultur.
3. Ambillah sampel air di media kultur dengan menggunakan baker glass/erlemeyer, amati dengan seksama dan teliti !
4. Hitunglah jumlah Rotifera yang terdapat dalam baker glass tersebut !
5. Lakukanlah kegiatan tersebut minimal tiga kali ulangan dan catat apakah terjadi perbedaan

- nilai pengukuran dari ketiga lokasi yang berbeda.
6. Hitunglah rata-rata nilai populasi dari ketiga sampel yang berbeda lokasi. Nilai rata-rata ini akan dipergunakan untuk menghitung kepadatan populasi pakan alami Rotifera di media kultur.
 7. Catat volume air sampel dan jumlah Rotifera dari data point 6, lakukan konversi nilai perhitungan tersebut untuk menduga kepadatan populasi pakan alami Rotifera didalam media kultur.

Pemanenan pakan alami Rotifera ini dapat dilakukan setiap hari atau seminggu sekali atau dua minggu sekali. Hal tersebut bergantung kepada kebutuhan suatu usaha terhadap ketersediaan pakan alami Rotifera.

Pemanenan pakan alami Rotifera yang dilakukan setiap hari biasanya jumlah yang dipanen adalah kurang dari 20% . Pemanenan Rotifera dapat juga dilakukan seminggu sekali atau dua minggu sekali sangat bergantung kepada kelimpahan populasi Rotifera di dalam media kultur.

Untuk menghitung kepadatan Rotifera pada saat akan dilakukan pemanenan, dapat dilakukan tanpa menggunakan alat pembesar atau mikroskop. Rotifera diambil dari dalam wadah, yang telah diaerasi agak besar sehingga Rotifera merata berada di seluruh kolom air, dengan memakai gelas piala volume 100 ml. Rotifera dan air di dalam gelas piala selanjutnya dituangkan secara perlahan-lahan sambil

dihitung jumlah Rotifera yang keluar bersama air.

Apabila jumlah Rotifera yang ada sangat banyak, maka dari gelas piala 100 ml dapat diencerkan, caranya adalah dengan menuangkan kedalam gelas piala 1000 ml dan ditambah air hingga volumenya 1000 ml. Dari gelas 1000 ml, lalu diambil sebanyak 100 ml. Rotifera yang ada dihitung seperti cara diatas, lalu kepadatan di dalam wadah budidaya dapat diketahui dengan cara mengalikan 10 kali jumlah didalam gelas 100 ml. Sebagai contoh, apabila di dalam gelas piala 100 ml terdapat 200 ekor Rotifera, maka kepadatan Rotifera di wadah budidaya adalah 10×200 ekor = 2000 individu per 100 ml.

Pemanenan Rotifera dapat dilakukan berdasarkan siklus reproduksinya, dimana Rotifera akan menjadi dewasa pada umur satu hari dan dapat bertelur setiap hari, maka dapat diprediksi kepadatan populasi Rotifera didalam media kultur jika padat tebar awal dilakukan pencatatan. Rotifera dapat berkembangbiak tanpa kawin dan usianya relative singkat yaitu 6 – 19 hari.

Pemanenan dapat dilakukan pada hari ke empat – sembilan jika populasinya sudah mencukupi, pemanenan tersebut dilakukan dengan cara menggunakan seser halus. Waktu pemanenan dilakukan pada pagi hari disaat matahari terbit, pada waktu tersebut Rotifera akan banyak mengumpul dibagian permukaan media untuk mencari sinar. Dengan tingkahlakunya

tersebut akan sangat mudah bagi para pembudidaya untuk melakukan pemanenan. Rotifera yang baru dipanen tersebut dapat digunakan langsung untuk konsumsi larva atau benih ikan.

Rotifera yang sudah dipanen tersebut dapat tidak secara langsung diberikan pada larva dan benih ikan hias yang dibudidayakan tetapi dilakukan penyimpanan. Cara penyimpanan Rotifera yang dipanen berlebih dapat dilakukan pengolahan Rotifera segar menjadi beku. Proses tersebut dilakukan dengan menyaring Rotifera dengan air dan Rotiferanya saja yang dimasukkan dalam wadah plastic dan disimpan didalam lemari pembeku (Freezer).

Langkah kerja dalam melakukan pemanenan rotifera dilakukan sama dengan pemanenan pada Daphnia, yang membedakan adalah waktu pemanenan dan jumlah rotifera yang akan dipanen setiap hari.

7.4. BUDIDAYA BENTHOS

Jenis organisma yang dapat digunakan sebagai pakan alami bagi ikan konsumsi dan ikan hias yang termasuk kedalam kelompok Benthos adalah cacing rambut. Cacing rambut sangat banyak diberikan untuk ikan hias dan ikan konsumsi karena mengandung nutrisi yang cukup tinggi untuk pertumbuhan dan perkembangan ikan yang dibudidayakan.

Dalam membudidayakan cacing rambut prosedur yang dilakukan hampir sama dalam membudidayakan pakan alami sebelumnya. Kegiatan budidaya cacing rambut ini dimulai dari persiapan peralatan dan wadah, penyiapan media kultur, penanaman bibit, pemberian pupuk susulan, pemantauan pertumbuhan dan pemanenan cacing rambut. Oleh karena itu semua kegiatan tersebut akan diuraikan didalam buku ini.

Peralatan dan wadah yang dapat digunakan dalam mengkultur pakan alami Tubifex ada beberapa macam. Jenis-jenis wadah yang dapat digunakan antara lain adalah bak platik, bak semen, tanki plastik, bak beton, bak fiber, kolam tanah dan saluran air. Sedangkan peralatan yang dibutuhkan untuk melakukan budidaya Tubifex antara lain adalah selang air, timbangan, saringan halus/seser, ember, gayung.

Pemilihan wadah yang akan digunakan dalam membudidayakan Tubifex sangat bergantung kepada tujuannya. Wadah yang terbuat dari bak semen, bak beton, bak fiber dan tanki plastik biasanya digunakan untuk membudidayakan Tubifex secara selektif yaitu membudidayakan pakan alami ditempat terpisah dari ikan yang akan mengkonsumsi pakan alami.

Pada budidaya tubifex fungsi aerator dapat digantikan dengan mengalirkan air secara kontinue kedalam wadah pemeliharaan. Debit air yang masuk kedalam wadah pemeliharaan adalah 900 ml/menit.

Selang air digunakan untuk memasukkan air bersih dari tempat penampungan air kedalam wadah budidaya. Peralatan ini digunakan juga untuk mengeluarkan kotoran dan air pada saat dilakukan pemeliharaan. Dengan menggunakan selang air akan memudahkan dalam melakukan penyiapan wadah sebelum digunakan untuk budidaya.

Setelah berbagai macam peralatan dan wadah yang digunakan dalam membudidayakan pakan alami Tubifex diidentifikasi dan dijelaskan fungsi dan cara kerjanya, langkah selanjutnya adalah melakukan persiapan terhadap wadah tersebut.

Wadah budidaya yang telah diairi dapat digunakan untuk memelihara Tubifex. Air yang dimasukkan kedalam wadah budidaya harus bebas dari kontaminan seperti pestisida, deterjen dan chlor. Kedalaman media didalam wadah budidaya yang optimum adalah 10 cm dan maksimum adalah 20 cm. Kedalaman media dalam wadah budidaya berdasarkan habitat asli di alamnya hidup pada daerah yang mengandung lumpur dengan distribusi pada daerah permukaan substrat pada kedalaman tertentu. Berdasarkan hasil penelitian tubifex yang berukuran juwana dengan berat kurang dari 0,1 mg umumnya terdapat pada kedalaman 0 – 2 cm, cacing muda yang mempunyai berat 0,1 – 5,0 mg pada kedalaman 0 – 4 cm, sedangkan cacing dewasa yang mempunyai berat 5,0 mg pada kedalaman 2 – 4 cm.

Media seperti apakah yang dapat digunakan untuk tumbuh dan berkembang pakan alami Tubifex. Tubifex merupakan hewan air yang hidup diperairan tawar subtropik dan tropik baik di daerah danau, sungai dan kolam-kolam. Berdasarkan habitat alamnya pakan alami Tubifex ini merupakan organisme yang hidup didasar perairan yang banyak mengandung detritus dan mikroorganik lainnya. Tubifex ini biasanya dapat hidup pada perairan yang banyak mengandung bahan organik. Bahan organik yang terdapat didalam perairan biasanya berasal dari dekomposisi unsur hara. Unsur hara ini didalam diperoleh dari hasil dekomposisi nutrien yang ada didasar perairan. Untuk melakukan budidaya pakan alami diperlukan unsur hara tersebut didalam media budidaya. Unsur hara yang dimasukkan kedalam media tersebut pada umumnya adalah pupuk.

Pupuk yang terdapat didalam ini dapat dikelompokkan menjadi dua yaitu pupuk organik dan pupuk anorganik. Pupuk organik adalah pupuk yang berasal dari kotoran hewan, sisa tanaman, limbah rumah tangga. Sedangkan pupuk anorganik adalah pupuk yang berasal dari bahan kimia dasar yang dibuat secara pabrikasi atau yang berasal dari hasil tambang, seperti Nitrat, Fosfat (Duperfosfat/DS, Triple Superfosfat/ TSP, Superphosphat 36, Fused Magnesium Phosphate/FMP), Silikat, natrium, Nitrogen (Urea, Zwavelzure amoniak/ZA, Amonium nitrat, Amonium sulfanitrat) dan lain-lain.

Jenis pupuk yang dapat digunakan sebagai sumber unsur hara pada media kultur pakan alami Tubifex adalah pupuk organik dan anorganik. Pemilihan antara kedua jenis pupuk tersebut sangat bergantung kepada ketersediaan pupuk tersebut dilokasi budidaya, dan kedua jenis pupuk tersebut dapat digunakan sebagai sumber unsur hara.

Jenis pupuk organik yang biasa digunakan adalah pupuk kandang, pupuk kandang adalah pupuk yang berasal dari campuran antara kotoran hewan dengan sisa makanan dan alas tidur hewan tersebut. Campuran ini telah mengalami pembusukan sehingga sudah tidak berbentuk seperti semula. Pupuk kandang yang akan dipergunakan sebagai pupuk dalam media kultur pakan alami adalah pupuk kandang yang telah kering. Mengapa pupuk kandang yang digunakan harus yang kering ? Pupuk kandang yang telah kering sudah mengalami proses pembusukan secara sempurna sehingga secara fisik seperti warna, rupa, tekstur, bau dan kadar airnya tidak seperti bahan aslinya.

Pupuk kandang ini jenisnya ada beberapa macam antara lain adalah pupuk yang berasal dari kotoran hewan sapi, kerbau, kelinci, ayam, burung dan kuda. Dari berbagai jenis kotoran hewan tersebut yang biasa digunakan adalah kotoran ayam dan burung puyuh. Kotoran ayam dan burung puyuh yang telah kering ini digunakan dengan dosis sesuai kebutuhan.

Pupuk yang dimasukkan ke dalam media kultur pakan alami yang berfungsi untuk menumbuhkan bakteri, fungi, detritus dan beragam phytoplankton sebagai makanan utama Tubifex. Dengan tumbuhnya pakan Tubifex di dalam media kultur maka pakan alami yang akan dipelihara didalam wadah budidaya tersebut akan tumbuh dan berkembang.

Berapakah dosis pupuk yang harus ditebarkan kedalam media kultur pakan alami Tubifex ? Berdasarkan pengalaman beberapa pembudidaya dosis yang digunakan untuk pupuk kandang dari kotoran ayam sebanyak 50% dari jumlah media yang akan dibuat. Jika jumlah media yang dibuat sebanyak 500 gram maka jumlah pupuknya adalah 250 gram. Kemudian pupuk tersebut dimasukkan kedalam wadah budidaya dicampur dengan lumpur kolam dengan perbandingan satu banding satu. Pupuk tersebut akan berproses didalam media dan akan tumbuh mikroorganisme sebagai makanan utama dari Tubifex. Waktu yang dibutuhkan oleh proses dekomposisi pupuk didalam media kultur pakan alami Tubifex ini berkisar antara 2-7 hari. Setelah itu baru bisa dilakukan penebaran bibit Tubifex kedalam media kultur.

Selama dalam pemeliharaan harus terus dilakukan pemupukan susulan seminggu sekali dengan dosis 9% pemupukan awal. Berdasarkan hasil penelitian Yuherman (1987) pemupukan susulan dengan dosis 75% dari pemupukan awal setelah 10 hari inokulasi dapat memberikan pertumbuhan yang optimal pada

tubifex. Pakan alami Tubifex mempunyai siklus hidup yang relatif singkat yaitu 50 – 57 hari. Oleh karena itu agar pembudidayaannya bisa berlangsung terus harus selalu diberikan pemupukan susulan. Dalam memberikan pemupukan susulan ini caranya hampir sama dengan pemupukan awal dan ada juga yang memberikan pemupukan susulannya dalam bentuk larutan pupuk yang dicairkan.

Parameter kualitas air didalam media kultur pakan alami Tubifex juga harus dilakukan pengukuran. Tubifex akan tumbuh dan berkembang pada media kultur yang mempunyai kandungan Oksigen terlarut berkisar antara 2,75 – 5 ppm dan jika kandungan oksigen terlarut > 5 ppm dapat meningkatkan pertumbuhan tubifex, kandungan amonia < 1 ppm, suhu air berkisar antara 28 – 30 °C dan pH air antara 6 – 8.

Ada beberapa langkah yang harus dilakukan sebelum melakukan inokulasi bibit pakan alami kedalam media kultur yaitu pertama melakukan identifikasi jenis bibit pakan alami Tubifex, kedua melakukan seleksi terhadap bibit pakan alami Tubifex, ketiga melakukan inokulasi bibit pakan alami sesuai dengan prosedur .

Identifikasi Tubifex perlu dilakukan agar tidak terjadi kesalahan dalam melakukan inokulasi. Tubifex merupakan salah satu jenis Benthos yang hidup didasar perairan tawar didaerah tropis dan subtropis. Berdasarkan klasifikasinya Tubifex sp dapat dimasukkan kedalam :

Filum : Annelida
Kelas : Oligochaeta
Ordo : Haplotaxida
Famili : Tubificidae
Genus : Tubifex
Spesies : *Tubifex sp.*

Morfologi Tubifex dapat dilihat secara langsung dibawah mikroskop, ciri khasnya yang sangat mudah untuk dikenali adalah adanya tubuhnya berwarna merah kecoklatan karena banyak mengandung haemoglobin. Tubuh terdiri dari beberapa segmen berkisar antara 30 – 60 segmen. Pada setiap segmen di bagian punggung dan perut akan keluar seta dan ujungnya bercabang dua tanpa rambut. Bentuk tubuh agak panjang dan silindris mempunyai dinding yang tebal terdiri dari dua lapis otot yang membujur dan melingkar sepanjang tubuhnya. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 7.25.



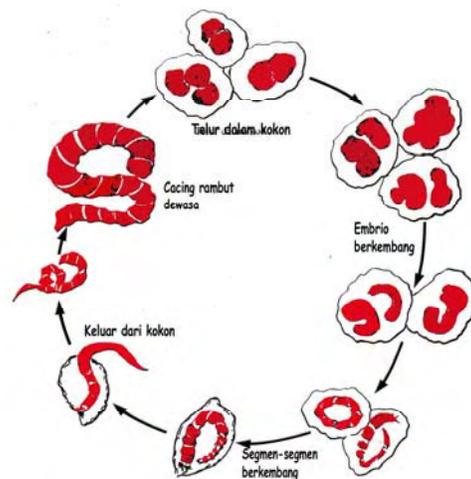
Gambar 7.25. *Tubifex sp*

Langkah selanjutnya setelah dapat mengidentifikasi jenis Tubifex yang akan ditebar kedalam media kultur adalah melakukan pemilihan terhadap bibit Tubifex. Pemilihan bibit Tubifex yang akan ditebar kedalam media kultur harus dilakukan dengan tepat. Bibit yang akan ditebar kedalam media kultur harus yang sudah dewasa. Tubifex dewasa berukuran 30 mm, anak pertama sebesar 0,8 mm dihasilkan secara hermaprodit.

Perkembangbiakan Tubifex di dalam media kultur dapat dilakukan dengan cara asexual yaitu pemutusan ruas tubuh dan pembuahan sendiri (Hermaphrodit). Telur cacing rambut dihasilkan didalam kokon yaitu suatu bangunan yang berbentuk bulat telur, panjang 1,0 mm dan garis tengahnya 0,7 mm. Kokon ini dibentuk oleh kelenjar epidermis dari salah satu segmen tubuhnya yang disebut klitelum. Telur yang terdapat didalam kokon ini akan mengalami proses metamorfosis dan akan mengalami pembelahan sel seperti pada umumnya perkembangbiakan embrio didalam telur yang dimulai dari stadia morula, blastula dan gastrula. Telur yang terdapat didalam kokon ini akan menetas menjadi embrio yang sama persis dengan induknya hanya ukurannya lebih kecil. Proses perkembangbiakan embrio didalam kokon ini biasanya berlangsung selama 10 – 12 hari jika suhu didalam media pemeliharaan berkisar antara 24 – 25 °C.

Induk tubifex yang dapat menghasilkan kokon dan

mengeluarkan telur yang menetas menjadi tubifex mempunyai usia sekitar 40 – 45 hari. Jumlah telur dalam setiap kokon berkisar antara 4 – 5. Waktu yang dibutuhkan untuk proses perkembangbiakan telur didalam kokon sampai menetas menjadi embrio tubifex membutuhkan waktu sekitar 10 – 12 hari. Jadi daur hidup cacing rambut dari telur, menetas dan menjadi dewasa serta mengeluarkan kokon dibutuhkan waktu sekitar 50 – 57 hari. Lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 7.26.



Gambar 7.26. Daur hidup Tubifex (*Tubifex* sp)

Setelah dapat membedakan antara individu Tubifex yang bertelur, anak, remaja dan dewasa maka selanjutnya adalah memilih individu yang dewasa sebagai calon bibit yang akan ditebarkan kedalam media kultur. Jumlah bibit yang akan ditebarkan kedalam media kultur sangat bergantung kepada volume

media kultur . Padat penebaran bibit yang akan diinokulasi kedalam media kultur biasanya adalah 2 gram per meter persegi.

Cara yang dilakukan dalam melakukan inokulasi adalah dengan menebarkannya secara hati-hati kedalam media kultur sesuai dengan padat tebar yang telah ditentukan. Penebaran bibit Tubifex ini sebaiknya dilakukan pada saat suhu perairan tidak terlalu tinggi yaitu pada pagi dan sore hari.

Setelah dilakukan penebaran bibit didalam media pemeliharaan harus dilakukan pemupukan susulan. Pemupukan susulan adalah pemupukan yang dimasukkan kedalam media kultur selama pemeliharaan pakan alami Tubifex dengan dosis 9 % dari dosis pemupukan pertama yang sangat bergantung kepada kondisi media kultur. Pemupukan tersebut sangat berguna bagi pertumbuhan detritus, fungi dan bakteri yang merupakan makanan utama dari pakan alami Tubifex.

Selama dalam pemeliharaan tersebut harus terus dilakukan pemupukan susulan seminggu sekali atau dua minggu sekali dengan dosis yang bergantung kepada kondisi media kultur , biasanya dosis yang digunakan adalah 9% dari pemupukan awal. Pakan alami Tubifex mempunyai siklus hidup yang relatif singkat yaitu 50 – 57 hari. Oleh karena itu agar pembudidayaannya bisa berlangsung terus menerus harus selalu diberikan pemupukan susulan. Dalam memberikan pemupukan

susulan ini caranya hampir sama dengan pemupukan awal dan ada juga yang memberikan pemupukan susulannya dalam bentuk larutan pupuk yang dicairkan.

Fungsi utama pemupukan susulan adalah untuk menumbuhkan pakan yang dibutuhkan oleh Tubifex agar tumbuh dan berkembang. Berdasarkan kebutuhan pakan bagi Tubifex tersebut maka prosedur yang dilakukan dalam memberikan pemupukan susulan ada dua cara . Pertama adalah dengan menebarkan secara merata kedalam media pemeliharaan sejumlah pupuk yang sudah ditimbang sesuai dengan dosis pemupukan susulan. Kedua adalah dengan cara membuat larutan pupuk didalam wadah yang terpisah dengan wadah budidaya, larutan pupuk tersebut dialirkan keseluruh permukaan media pemeliharaan ,dengan dosis yang telah ditentukan.

Frekuensi pemupukan susulan ditentukan dengan melihat sample air didalam media kultur , parameter yang mudah dilihat adalah jika warna media pemeliharaan sudah terang didalam media kultur. Hal ini dapat dilihat dari warna air media yang berwarna keruh atau warna teh bening. Jika hal tersebut terjadi segera dilakukan pemupukan susulan. Jenis pupuk yang digunakan sama dengan pemupukan awal.

Mengapa pertumbuhan populasi pakan alami Tubifex harus dipantau ? Kapan waktu yang tepat dilakukan pemantauan populasi pakan alami Tubifex yang

dibudidayakan didalam media kultur ? Bagaimana kita menghitung kepadatan populasi pakan alami Tubifex didalam media kultur ? Mari kita jawab pertanyaan-pertanyaan tersebut dengan mempelajari buku ini selanjutnya. Didalam buku ini akan diuraikan secara singkat tentang pertumbuhan Tubifex, menghitung kepadatan populasi dan waktu pemantauannya.

Tubifex yang dipelihara dalam media kultur yang tepat akan mengalami pertumbuhan yang cepat. Secara biologis Tubifex akan tumbuh dewasa pada umur 40 – 45 hari, jika pada saat inokulasi yang ditebarkan adalah bibit Tubifex yang dewasa maka dalam waktu sepuluh sampai duabelas hari bibit Tubifex tersebut sudah mulai bertelur pada media yang mempunyai suhu 24 – 25 °C. Jumlah telur yang dikeluarkan dari satu induk Tubifex sangat bergantung kepada jumlah kokon yang dihasilkan pada setiap induk. Kokon ini akan terbentuk pada salah satu segmen tubuh induk tubifex. Daur hidup Tubifex adalah 50 – 57 hari dan Tubifex menjadi dewasa dalam waktu empat puluh hari, sehingga bisa diperhitungkan prediksi populasi Tubifex didalam media kultur.

Berdasarkan siklus hidup Tubifex maka kita dapat menentukan waktu yang tepat untuk dilakukan pemanenan sesuai dengan kebutuhan larva atau benih ikan yang akan mengkonsumsi pakan alami Tubifex. Ukuran Tubifex yang dewasa dan anak-anak berbeda oleh karena itu perbedaan ukuran tersebut sangat bermanfaat bagi

ikan yang akan mengkonsumsi dan disesuaikan dengan ukuran bukaan mulut larva.

Pemantauan pertumbuhan pakan alami Tubifex di media kultur harus dilakukan agar tidak terjadi kepadatan populasi yang mengakibatkan tingkat kematian yang tinggi didalam media. Hal tersebut diakibatkan oleh kurangnya oksigen didalam media kultur. Tingkat kepadatan populasi yang maksimal didalam media kultur adalah 30 – 50 gram permeterpersegi, walaupun ada juga yang mencapai kepadatan 120 – 150 gram permeterpersegi.

Untuk mengukur tingkat kepadatan populasi Tubifex didalam media kultur dilakukan dengan cara sampling beberapa titik dari media, minimal tiga kali sampling. Sampling dilakukan dengan cara mengambil air media kultur yang berisi Tubifex dengan menggunakan baker glass atau erlemeyer. Hitunglah jumlah Tubifex yang terdapat dalam botol contoh tersebut, data tersebut dapat dikonversikan dengan volume media kultur.

Pemanenan pakan alami Tubifex dapat dilakukan setelah pemeliharaan selama dua bulan setelah itu pemanenan dapat dilakukan setiap dua minggu biasanya jumlah yang dipanen adalah kurang dari 50% . Pemanenan Tubifex dapat juga dilakukan seminggu sekali atau dua minggu sekali sangat bergantung kepada kelimpahan populasi Tubifex di dalam media kultur. Pada saat pemanenan sebaiknya wadah

budidaya tubifex tersebut ditutup terlebih dahulu selama 6 jam untuk memudahkan pemanenan, karena dengan penutupan selama 6 jam tubifex akan keluar secara perlahan-lahan dari lumpur tempatnya bersembunyi membenamkan sebagian tubuhnya tersebut.

Untuk menghitung kepadatan Tubifex pada saat akan dilakukan pemanenan, dapat dilakukan tanpa menggunakan alat pembesar atau mikroskop. Tubifex diambil dari dalam wadah pemeliharaan dan ditimbang jumlah tubifex yang diambil setelah itu dapat dihitung jumlah individu pergramnya dengan melakukan perhitungan matematis.

Pemanenan Tubifex dapat dilakukan berdasarkan siklus reproduksinya, dimana Tubifex akan menjadi dewasa pada umur empat puluh sampai empat puluh lima hari dan dapat bertelur setelah sepuluh sampai duabelas hari, maka dapat dipredeksi kepadatan populasi Tubifex didalam media kultur jika padat tebar awal dilakukan pencatatan. Tubifex dapat berkembang iak tanpa kawin dan usianya relative singkat yaitu 50–57 hari.

Pemanenan dapat dilakukan pada hari ke limapuluh sampai limapuluh tujuh jika populasinya sudah mencukupi, pemanenan tersebut dilakukan dengan cara menggunakan seser halus. Waktu pemanenan dilakukan pada pagi hari disaat matahari terbit, pada waktu tersebut Tubifex akan banyak mengumpul dibagian permukaan media untuk mencari sinar. Dengan

tingkahlakunya tersebut akan sangat mudah bagi para pembudidaya untuk melakukan pemanenan. Tubifex yang baru dipanen tersebut dapat digunakan langsung untuk konsumsi larva atau benih ikan.

Tubifex yang sudah dipanen tersebut dapat tidak secara langsung diberikan pada larva dan benih ikan hias yang dibudidayakan tetapi dilakukan penyimpanan. Cara penyimpanan Tubifex yang dipanen berlebih dapat dilakukan pengolahan Tubifex segar menjadi beku. Proses tersebut dilakukan dengan menyaring Tubifex dengan air dan Tubifexnya saja yang dimasukkan dalam wadah plastic dan disimpan didalam lemari pembeku (Freezer).

Untuk melakukan budidaya tubifex secara skala kecil dapat dilakukan dengan menggunakan wadah yang terbuat dari bak plastik dengan langkah kerja sebagai berikut :

1. Pembuatan wadah budidaya dengan menggunakan bak kayu yang terbuat dari kayu yang dilapisi plasti dengan ukuran misalnya 100 cm X 50 cm X 10 cm.
2. Masukkan media kedalam wadah budidaya tubifex dengan kedalaman media 5 cm, media ini terbuat dari lumpur dan pupuk kandang dengan perbandingan lumpur dan pupuk kandang adalah 1 : 1.
3. Masukkan air kedalam wadah yang telah berisi media tersebut, kedalaman air dalam wadah budidaya adalah 2 cm dan buatlah sistem air mengalir pada

- wadah budidaya dengan debit air berkisar 900 ml/menit.
4. Biarkan media tersebut selama 5–7 hari agar terjadi proses pembusukan didalam wadah budidaya dan akan tumbuh detritus dan mikroorganismenya lainnya sebagai makanan untuk tubifex.
 5. Setelah itu masukkan tubifex kedalam media tersebut dengan dosis 2 gram per meter persegi.
 6. Lakukan pemeliharaan tubifex tersebut dengan melakukan pemupukan susulan dan pemantauan pertumbuhan setiap sepuluh hari sekali.
 7. Pemanenan tubifex dapat dilakukan setelah minimal 40 hari pemeliharaan.

Hal ini berdasarkan hasil penelitian Fadillah (2004) bahwa pertumbuhan populasi tubifex mencapai puncaknya setelah dipelihara selama 40 hari.

7.5. BIOENKAPSULASI

Untuk meningkatkan mutu pakan alami dapat dilakukan pengkayaan, istilah pengkayaan bisa juga disebut dengan bioenkapsulasi. Pengkayaan terhadap pakan alami ini sangat penting untuk meningkatkan kualitas nutrisi dari pakan tersebut. Jenis pakan alami yang dapat dilakukan pengkayaan adalah dari kelompok zooplankton misalnya artemia, rotifer, daphnia, moina dan tigriopus. Semua jenis zooplankton tersebut biasanya diberikan kepada larva dan benih

ikan air tawar, payau dan laut. Dengan meningkatkan mutu dari pakan alami dari kelompok ini dapat meningkatkan mutu dari larva dan benih ikan yang mengkonsumsi pakan tersebut. Peningkatan mutu pakan alami dapat dilihat dari meningkatkan kelangsungan hidup/sintasan larva dan benih yang dipelihara, meningkatkan pertumbuhan larva dan benih ikan serta meningkatkan daya tahan tubuh larva dan benih ikan.

Menurut Watanabe (1988) zooplankton dapat ditingkatkan mutunya dengan teknik bioenkapsulasi dengan menggunakan teknik omega yeast (ragi omega). Omega tiga merupakan salah satu jenis asam lemak tidak jenuh tinggi yaitu asam lemak yang mengandung satu atau lebih ikatan rangkap. Asam lemak ini tidak dapat disintesis di dalam tubuh dan merupakan salah satu dari asam lemak esensial. Ada dua metode yang dapat dilakukan untuk meningkatkan mutu pakan alami yaitu :

1. Indirect Method yaitu metode tidak langsung. Metode pengkayaan zooplankton secara tidak langsung dilakukan dengan cara memelihara zooplankton dengan media *Chlorella* dan ragi roti *Saccharomyces cerevisiae*, dengan dosis sebanyak 1 gram yeast/ 10^6 sel/ml air alut per hari.
2. Direct Method yaitu metode langsung. Metode pengkayaan zooplankton secara tidak langsung adalah dengan cara membuat emulsi lipid.

Lipids yang mengandung ω 3 HUFA di homogenisasi dengan sedikit kuning telur mentah dan air yang akan menghasilkan emulsi dan secara langsung diberikan kepada pakan alami dicampur dengan ragi roti.

Tahapannya :

- Pembuatan emulsi lipid (mayonnaise)
- Pengecekan ke Homogenisasi emulsi dibawah mikroskop
- Pencampuran dengan ragi roti
- Pemasukan emulsi kedalam media pakan alami
- Pemberian pakan alami langsung ke larva ikan

Adapun prosedur yang dapat dilakukan jika akan melakukan pengkayaan zooplankton adalah sebagai berikut :

Pengkayaan terhadap *Artemia salina* sangat penting dilakukan untuk meningkatkan kualitas nutrisi dari pakan tersebut. *Artemia salina* merupakan salah satu jenis pakan alami dari kelompok zooplankton yang dapat diberikan kepada larva ikan konsumsi atau ikan hias. Pada stadia larva semua jenis ikan sangat membutuhkan nutrisi yang lengkap agar pertumbuhan larva sempurna sesuai dengan kebutuhannya. Pengkayaan terhadap pakan alami ini berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan oleh peneliti dari Jepang dapat meningkatkan pertumbuhan.

Alat dan bahan

- Mixer
- Minyak ikan
- Vitamin yang larut dalam air

- Kuning telur
- Aquades
- Ragi roti/fermipan

Langkah kerja :

1. Siapkan alat dan bahan
2. Timbanglah minyak ikan sebanyak 5 gram, vitamin yang larut dalam air sebanyak 10 gram dan kuning telur sebanyak 1 gram dan letakkan dalam wadah yang terpisah.
3. Masukkan 5 gram minyak ikan kedalam mixer dan lakukan homogenisasi selama 2 – 3 menit dengan alat tersebut.
4. Tambahkan 10 gram vitamin yang larut dalam air kedalam mixer dan tambahkan pula kuning telur mentah sebanyak 1 gram kemudian tambahkan 100 ml aquades.
5. Lakukanlah pencampuran dengan mixer selama 2 – 3 menit sampai terjadi campuran yang homogen.
6. Ambillah 20 ml emulsi yang telah dibuat pada langkah sebelumnya sebanyak 20 ml, dan tambahkan 5 gram ragi roti dan campurlah dengan air kultur artemia.
7. Jumlah emulsi yang telah dibuat diatas tersebut dapat dipergunakan untuk memperkaya jumlah nauplius artemia sebanyak 100 – 200 naupli perml, sedangkan untuk rotifer emulsi tersebut dapat dipergunakan untuk memperkaya sebanyak 500 - 1000 individu per liter.

Pemenuhan kebutuhan akan asam lemak essensial oleh larva ikan dapat dipenuhi dengan pemberian

sumber pakan yang tepat yang berasal dari hewani dan nabati pada pengkayaan pakan alami seperti minyak ikan dan minyak jagung. Pada umumnya komposisi minyak ikan laut lebih kompleks dan mengandung asam lemak tak jenuh berantai panjang pada minyak ikan laut terdiri dari asam lemak C18, C20 dan C22 dengan kandungan C20 dan C22 yang tinggi dan kandungan C16 dan C18 yang rendah. Sedangkan kandungan asam lemak ikan air tawar mengandung C16 dan C18 yang tinggi serta C20 dan C22 yang rendah. Komposisi lain yang terkandung dalam minyak ikan adalah lilin ester, diasil gliserol eter, plasmalogen netral dan fosfolipid. Terdapat pula sejumlah kecil fraksi yang tak tersabunkan, antara lain adalah : vitamin, sterol, hidrokarbon dan pigmen, dimana komponen-komponen ini banyak ditemukan

pada minyak hati ikan bertulang rawan.

Bahan yang kaya akan asam lemak n-6 umumnya banyak dikandung oleh minyak yang berasal dari tumbuhan. Minyak jagung mengandung asam lemak linoleat (n-6) sekitar 53% (Stickney, 1979). Minyak jagung diperoleh dengan jalan ekstraksi bagian lembaga, baik dengan tekanan tinggi maupun dengan jalan ekstraksi menggunakan pelarut. Dalam pembuatan bahan emulsi untuk memperkaya *Daphnia* sp dapat ditambahkan juga kuning telur ayam mentah dan ragi roti (*Saccharomyces cerevisiae*). Kandungan asam lemak dari beberapa bahan yang dapat dipergunakan untuk membuat emulsi bioenkapsulasi dapat dilihat pada Tabel 7.10.

Tabel 7.10. Kandungan komposisi beberapa bahan bioenkapsulasi

| Komposisi asam lemak | Minyak ikan lemuru (%) | Minyak jagung (g/100g) | Kuning telur ayam (g/100g) | Ragi roti (% total asam lemak) | Minyak ikan lemuru (%) |
|----------------------|------------------------|------------------------|----------------------------|--------------------------------|------------------------|
| SFA | | | 23,869 | | |
| C 14 : 0 | - | 1 | | 1,1 | 12,68 |
| C 16 : 0 | 20,5 | 14 | | 11,2 | 20,41 |
| C 18 : 0 | 7,1 | 2 | | 88,4 | 3,82 |
| C 20 : 0 | - | Trace | | () | 0,52 |
| C 22 : 0 | () | Trace | | () | 0,34 |
| MUFA | | | | | |
| C 16 : 1 | 10,2 | Trace | () | 14,2 | 12,42 |
| C 18 : 1 | 8,2 | 30 | () | 38,0 | 4,45 |
| C 20 : 1 | 3,1 | - | () | 1,6 | 2,70 |
| PUFA | | | | | |
| C 18 : 2 | - | 50 | 10,202 | 15,1 | 1,17 |
| C 18 : 3 | 1,0 | 2 | 0,377 | 6,4 | 0,88 |

| | | | | | |
|----------|-----|----|----|----|------|
| C 20 : 2 | () | - | () | () | 0,16 |
| C 20 : 3 | 2,8 | () | () | () | 0.40 |

| Komposisi asam lemak | Minyak ikan lemuru (%) | Minyak jagung (g/100g) | Kuning telur ayam (g/100g) | Ragi roti (% total asam lemak) | Minyak ikan lemuru (%) |
|----------------------|------------------------|------------------------|----------------------------|--------------------------------|------------------------|
| C 20 : 4 | 5,2 | () | 1,419 | () | 2,53 |
| C 20 : 5 | 17 | () | 0,012 | () | 10,61 |
| C 22 : 2 | Trace | () | () | () | - |
| C 22 : 3 | Trace | () | () | () | - |
| C 22 : 4 | 1,2 | () | () | () | 0,16 |
| C 22 : 5 | 3,3 | () | () | () | 1,81 |
| C 22 : 6 | 6,4 | () | 0,629 | () | 6,28 |
| Sumber | Winarno (1993) | Gurr (1992) | Yuhendi (1998) | Watanabe (1988) | Dualantus (2003) |

Keterangan :

SFA : Saturated Fatty Acid

MUFA : Monounsaturated Fatty Acid

PUFA : Polyunsaturated Fatty Acid

() : tidak ada data

- : tidak terdeteksi

DAFTAR PUSTAKA

- Abel. 1989. **Water Pollutin Biology**. Dept of Biology. Sunderland Polytechnic. Halsted Press. New York.
- Affandi,R., DS Sjafei, MF Rahardjo dan Sulistiono. 1992. **Fisiologi Ikan**. Pusat Antar universitas Ilmu Hayati. IPB. Bogor.
- Agrara T. 1976. **Endokrinologi Umum**. Airlangga University Press. Yogyakarta.
- Alimuddin. 1994. **Pengaruh waktu awal kejutan panas terhadap keberhasilan Triploidisasi Ikan Lele Lokal (*Clarias batrachus* L)**. Skripsi. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Ath_Thar.M.H.F. 2007. **Efektivitas promotor β -actin ikan medaka *Oryzias latipes* dengan penanda gen hrGFP (humanized *Renilla reniformis* Green Fluorescent Protein) pada ikan lele *Clarias sp* keturunan F0**. Skripsi. Departemen Budidaya Perairan. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Andarwulan, dan S.Koswara. 1992. **Kimia Vitamin**. Rajawali Press. Jakarta.
- Anonymous. 1985. **Budidaya Rotifera (*Brachionus plicatilis* OF Muller)** Seri Ke Tiga. Proyek Penelitian dan Pengembangan Budidaya Laut. Serang.
- Antik, E dan Hastuti,W. 1986. **Kultur Plankton**. Direktorat Jenderal Perikanan bekerjasama dengan International Development Research Centre. Jakarta.
- Andrew JW, Sick LV. 1972. **Studies on the nutritional requirement of dietary penaeid shrimp**. Proceedings of the World Mariculture Society 3:403-414.
- Alava VR, Lim C. 1983. **The quantitative dietary protein requirement of *Penaeus monodon* juveniles in controlled environment**. Aquaculture 30:53-61.

- Avers CG. 1986. **molecular cell biology**. Rutgers University. The Benjamin Cummings Publishing Co. Inc. 832 p.
- Baustista-Teruel MN, Millamena OM. 1999. **Diet development and evaluation for juvenile abalone, *Haliotis asinina*: protein to energi levels**. *Aquaculture* 178:117-126.
- Bonyaratpalin.M. 1989. **Methodologies for vitamin requirement studies. Fish Nutrition research in Asia**. Edited by S.S de Silva. Proceeding of Third Asian Fish Nutrition Network Meeting International Development. Reseach Center of Canada. 58 – 67
- Boyd. 1982. **Water Quality Management for Pond Fish Culture**. Auburn University. Alabama. USA
- Borgstrom G. 1962. **Fish as Food Volume III. Nutrition, Sanitation and Utilization**. Academic Press, New York and London.
- Bongers ABJ, EPC in't Veld, K Abo-Hashema, IM Bremmer, EH Eding, J.Komen, CJJ Richter. 1994. **Androgenesis in common carp (*Cyprinus carpio*) using UV irradiation in synthetic ovarian fluid and heat shocks**. *Aquaculture*, 122 : 119 – 132.
- Catacuta,M.R and Coloso. 1997. **Growth of juvenile Asian Seabass, *Lates calcarifer* fed varyng carbohydrate and lipid levels**. *Aquaculture*, 149: 137-144.
- Calduch-Giner. J.A, Duval H, Chesnel F, Boeuf G, Perez-Sanches J and Boujard D. 2000. **Fish Growth Hormone Receptor : Molecular Characterization of Two Membrane-Anchored Forms**. *Journal of the Endocrine Society* : 3269 – 3273.
- Campbell.N.A; Reece. J.N; Mitchell. L.G. 2002. **Biologi**. Edisi Kelima. Erlangga. Jakarta.
- Carman O. 1990. **Ploidy manipulation in some warm water fish**. Master's Thesis. Departement of Aquatic Biosciences. Tokyo University of Fisheries. Japan.
- Carman O. 1992. **Chromosome set manipulation in some warm water fish**. A Dissertation. Departement of Aquatic Biosciences. Tokyo University of Fisheries. Japan.
- Chumadi dkk. 1992. **Pedoman Teknis Budidaya Pakan Alami Ikan dan Udang**. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Pusat penelitian dan Pengembangan Perikanan. Jakarta.

- Cole, G.A. 1988. ***Textbook of Limnology. Third Edition.*** Waveland Press, Inc. Illinois, USA.
- Cowey, C.B and Walton, M.J. 1989. ***Intermedier metabolism***, p : 259-329. In. J.E Halver (Ed.), *Fish Nutrition*, 2nd. Academic Press. New York.
- Chris Andrews, Adrian Exell and Neville Carrington., 1988. ***The Manual of Fish Health.*** New Jersey: Tetra Press,
- Davis, D.A and Delhert MG III. 1991. ***Dietary Mineral Requirment of Fish and Shrimp.*** Pages : 49 – 65. In : Proceedings of The Aquaculture Feed Processing and Nutrition Workshop. Akimaya, D.M and Ronni K.H.T. Singapore.
- Davis, C.C. 1955. ***The marine and freshwater plankton.*** Michigan state University Press. Chicago.
- De Silva, S and T.A. Anderson. 1995. ***Fish Nutrition in Aquaculture.*** Chapman & Hall, London.
- Dieter Untergasser Translation by Howard H. Hirschhorn, 1989. ***Handbook of Fish Diseases.*** T.F.H. Publications, Inc
- Devlin, R.H, C.A. Biagi, T.Y. Yaseki. 2004. ***Growth, viability and genetic characteristic of GH transgenic coho salmon strains.*** *Aquaculture* 236 : 607 – 632.
- Dunham RA. 2003. ***Aquaculture and Fisheries Biotechnology Genetic Approaches.*** CABI Publishing. Wallingford, Oxfordshire Ox 10.8 DE. UK.
- Effendi, H. 2000. ***Telaahan Kualitas Air. Bagi Pengelolaan Sumberdaya dan Lingkungan Perairan.*** Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Effendi, I. 2004. ***Pengantar Akuakultur.*** Penebar Swadaya. Jakarta.
- Effendi. M.I. 1997. ***Biologi Perikanan.*** Yayasan Pustaka Nusatama. Yogyakarta.
- Fujaya. Y. 2004. ***Fisiologi Ikan Dasar Pengembangan Teknik Perikanan. Rineka Cipta.*** Jakarta.
- Gong Wu, Yonghua Sun & Zuayan Zhu. 2003. ***Growth hormone gene transfer in common carp.*** *Aquatic Living Resources* 16 : 416-420.

- Glick. B.R and Pasternak.J.J. 2003. ***Molecular Biotechnology : Principles and Applications of Recombinant DNA (Third Edition)***. ASM Press. Washington, D.C.
- Halver, J.E. 1988. ***Fish Nutrition***. Academic Press. San Diego.
- Hamre,K; B.Hjeltne; H.Kryj; S. Sandberg; M.Lorentzen; and O.Lie. 1994. ***Decesed Concentration of Haemoglobin, Accumulation of Lipid Oxidation Product's and unchanged Skeletal Muscel in Atlantik Salmon. Salmo salar Fed Low Dietary Vitamine E***. Physiology and Biochemistry. 12 (5) : 421 – 429.
- Harper. 1990. ***Biokimia***. EGC (Penerbit Buku Kedokteran). Jakarta.
- Hepher B. 1988. ***Nutrition of Pond Fish***. Cambridge University Press. Cambridge.
- Halver JE. 1989. ***Fish Nutritiion 2nd edition***. Academic Press Inc.
- Jean L Marx. 1991. ***Revolusi Bioteknologi***, diterjemahkan oleh Wildan Yatim . Yayasan Obor Indonesia. Jakarta. 513 hal.
- Jusuf.M. 2001. Genetika I. ***Struktur dan Ekspresi Gen***. Sagung Seto. Jakarta.
- Kobayashi S, Alimuddin, Tetsuro Morita, Misako Miwa, Jun Lu, Masato Endo, Toshio Takeuci dan Goro Yoshikazi. 2006. ***Transgenic nile Tilapia (Oreochromis niloticus) over-expressing growth hormone show reduced ammonia excretion***. Departement of Marine Biosciences Tokyo University of Marine Science and Technology. Tokyo. Japan.
- Koolman J and Rohm KH. 2001. ***Atlas berwarna dan teks biokimia***. Wanadi SI penerjemah. Sadikin M , editor. Jakarta : Hipokrates 2000.
- Kebijakan DKP: ***Perikanan Budidaya 2003 Pedoman Teknis Penanggulangan Penyakit Ikan Budidaya Laut***. Departemen Kelautan dan Perikanan Republik Indonesia
- Kurniastuty, dkk., 2004. ***Hama dan Penyakit Ikan***. Balai budidaya Laut Lampung. Lampung.
- Kuksis,A dan S. Mookerjea. 1991. ***Kolin. Vitamin***. In Robert E. Olson (Eds), Jilid II. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- Lewin, R.A. 1976. The Genetic of Algae.Blackwell scientific Publications Oxford. London. Edinburg.

LAMPIRAN A

- Linder, M.C. 1992. ***Biokimia Nutrisi dan Metabolisme*** (Alih bahasa : A. Parakkasi dan A.Y. Amwila). UI Press. Jakarta.
- Linder, M.C. 1992. ***Nutrisi dan Metabolisme Mikromineral***. Hal : 261-344. Dalam : *Biokimia Nutrisi dan Metabolisme dengan pemakaian secara klinis*. Penerbit Universitas Indonesia. UI Press. Jakarta.
- Lovel T. 1988. ***Nutrition and feeding of fish***. An AVI Book. Published by Van Nostrand Reinhold. New York.
- Machin, L.J. 1990. ***Handbook of Vitamin***. Second Edition Revised and Expanded.
- Mc Vey, J.P and J.R. Moore. 1983. ***CRC Handbook of Marine Culture***. Vol I. Crustacean Aquaculture. CRC Press. Inc. Boca. Raton . Florida.
- Millamena, M.O, R.m. Coloso and F.P. Pascual. 2002. ***Nutrition in Tropical Aquaculture. Essential of fish nutrition, feeds and feeding of tropical aquatic species***. Aquaculture Departemen. Southeast Asian Fisheries Development Center. Tingbauan. Iloilo, Philipines.
- Muchtadi, D., Nurheni S.P, dan Made A. 1993. ***Metabolisme zat gizi*** : sumber, fungsi dan kebutuhan bagi tubuh manusia. J.2. Pustaka Sinar Harapan. Jakarta
- Murray, R.K; D.K. Granner; P.A. Mayes; and V.W. Rodwell. 1999. ***Biokimia Harper***. Edisi 24. Penerbit Buku kedokteran EGC. Jakarta.
- Mujiman, A. 1987. ***Makanan Ikan***. Penebar Swadaya. Jakarta.
- Matty. AS. 1985. ***Fish Endocrinology***. Croom Helm London & Sydney Timber Press. Portland. Oregon. 267p.
- Morales et all. 2001. ***Tilapia chromosomal growth hormone gene expression accelerates growth in transgenic zebra fish (Danio rerio)***. Marine Biotechnology. Vol 4. No.2.
- Muladno. 2002. ***Seputar Teknologi Rekayasa Genetika***. Pustaka Wirausaha Muda. Bogor. 123 hal.
- NRC. 1993. ***Nutrient Requirement of Fish. Water Fishes and Shellfish***. National Academy of Sciences. Washington DC.
- O.A Conroy and R.L Herman 1966. ***Textbook Of Fish Diseases. Eastern Fish Disease***. Laboratory, Bureau of Sport Fisheries and Wildlife Leetown, West Virginia.

- Prentis. S. 1990. **Bioteknologi**, diterjemahkan oleh Wildan Yatim. Yayasan Obor Indonesia. Jakarta 513 hal.
- Promega. 1999. **Technical Manual. pGEM – T and pGEM – T easy Vector System**. Instruction for use of products. USA.
- Pennak,R.W. 1978. **Freshwater Invertebrae of the United State.2nd ed. John Wiley and Sons**. New york.
- Prawirokusumo,S. 1991. **Biokimia Nutrisi (Vitamin)**. BPFE. Yogyakarta.
- Purdom. C.E. 1993. **Genetics and Fish Breeding**. Chapman & Hall. London.
- Randall, J.E., 1987. **A Pliraninary synopsis of the Grouper (Perciformes; Serranidae; epinephelinae)of the Indo – Pacific regionin J.J. Polovina, S. Raiston (editors)**. Tropical Sappers and Grouper ; Biologi and Fisheries Management. Westview Press inc., Boulder and London.
- Rahman. MA and Maclean N. 1992. **Production of transgenic tilapia (Oreochromis niloticus) by one-cell-stage microinjection**. Aquaculture, 105 (1992) 219 – 232. Elsevier Science Publisher B.V. Amsterdam.
- Rocha A, S Ruiz, A Estepa and J.M Coll. 2004. **Application of Inducible and Targeted Gene Strategies to produce Transgenic Fish : A review**. Marine Biotechnology 6, 118 – 127. Springet-Verlag. New York. LLC.
- Sambrook.J, Fritssch, E.F, Maniatis,T. 1989. **Molecular Cloning. A Laboratory Manual**. Second edition. Cold Spring Harbor Lobaratory Press. USA.
- Suharsono dan Widyastuti,U. 2006. **Penuntun Praktikum Pelatihan Teknik Dasar Pengklonan Gen**. Pusat Penelitian Sumberdaya Hayati dan Bioteknologi. Institut Pertanian Bogor.
- Suharsono. 2006. **Prinsip Pengklonan Gen Melalui Teknologi DNA Rekombinan**. Pelatihan Teknik Dasar Pengklonan Gen. Bogor.
- Sumantri.D. 2006. **Efektifitas ovaprim dan aromatase inhibitor dalam mempercepat pemijahan pada ikan lele dumbo Clarias sp. Skripsi. Departemen Budidaya Perairan**. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Institut Pertanian Bogor. Bogor. 37 hal.
- Sumantadinata,K. 2005. **Materi narasumber Diklat Guru perikanan se Indonesia**. Departemen Pendidikan Nasional.

- Suyanto,R.S. 1999. **Budidaya Ikan Lele**. Penebar Swadaya. Jakarta.
- Sandness,K. 1991. **Studies on Vitamin C in Fish Nutrition Dept of Fisheries and Marine Biologi**. University of Bergen Norway.
- Shiau,S.Y and C.W.Lan. 1996. **Optimum dietary protein level and protein to energy ratio for growth of grouper (*Epinephelus malabaricus*)**. Aquaculture, 145: 259 – 266
- Shimeno,S.H, Hosokawa and M.Takeda. 1996. **Metabolic response of juvenile yellowtail to dietary carbohidrat to lipid ratios**. Fisheries Science, 62 : 945 - 949
- Sumantadinata, K., 1983. **Pengembangbiakan Ikan-ikan Peliharaan di Indonesia**. Sastra Hudaya.
- Sukma, O.M., 1987. **Budidaya Ikan**. Jakarta: Depdikbud.
- Suseno, 1994. **Pengelolaan Usaha Pembenihan Ikan Mas**. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Shepherd,J and Bromage, N. 2001. **Intensive Fish Farming**. Blackwell Sciene Ltd. London.
- Steffens W. 1989. **Principles of Fish Nutrition**. Ellis Horwood Limited. John Wiley & Sons. England.
- Stephen Goddard. 1996. **Feed Management In : Intensive Aquaculture**. Chapman & Hall, New York.
- Syarizal. 1988. **Kadar optimum Vitamin E (α -Tocoferol) dalam Pakan Induk ikan (*Clarias batracus Linn*)**. Thesis. IPB. Bogor.
- Smith. 1982. **Introduction to Fish Physiology**. Publication Inc. England. P. 115.
- Tacon,A.G.J. 1987. **The Nutrition and Feeding of Farmed Fish and Shrimp a Training Manual**. FAO. Brazil.
- Tacon,A.G.j. 1991. **Proceeding of The Nutrition Workshop**. American Soybeen Association. Singapore.
- Takeuchi W. 1988. **Fish Nutrition and mariculture**. Departemen of aquatic Biosc. Tokyo University of Fisheries. JICA.

- Takeuchi; T.K. Watanabe; S. Satoh and T. Watanabe. 1992. **Requirements of Grass Carp Fingerling for α -Tocoferol**. Nipon. Suisan Galakkashi. 58 (9) : 743 – 1749.
- Teknologi Tepat Guna, 2005. **Pedoman Teknis Penanggulangan Penyakit Ikan Budidaya Laut**. Menteri Negara Riset dan Teknologi
- Taufik Ahmad, Erna Ratnawati, dan M. Jamil R. Yakob. 2002, **Budi Daya Bandeng Secara Intensif**. PT. Penebar Swadaya, Jakarta.
- Tucker, C.S and Hargreaves, J.A. 2004. **Biology and culture of Channel Catfish**. Elsevier. B.V. Amsterdam.
- Volckaert.F.A, Hellemans.B.A, Galbusera.P, and Ollevier. F. 1994. **Replication, expression, and fate of foreign DNA during embryonic and larval development of the African catfish (*Clarias gariepinus*)**. Molecular Marine Biology and Biotechnology 3(2) 57 – 69.
- Watanabe, T. 1988. **Fish Nutrition and Mariculture. JICA Texbook The General Aquaculture Course**. Kanagawa International Fisheries Training Centre Japan International Cooperation agency.
- Wilson,R.P. 1994. **Utilization of dietary carbohydrate by fish**. Aquaculture, 124 : 67 – 80.
- Yoshimatsu, dkk., 1986. **Grouper final Report Marine Culture Research and Development in Indonesia**. ATA 192, JICA. P 103 – 129.
- Yatim W. 1996. **Genetika**. Tarsito . bandung . 124 hal.
- Zairin.M.J. 2003. **Endokrinologi dan perannya bagi masa depan Perikanan Indonesia. Orasi Ilmiah Guru Besar Tetap Ilmu Fisiologi Reproduksi dan Endokrinologi Hewan Air**. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Zairin.M.J. 2002. **Sex Reversal Memproduksi Benih Ikan Jantan dan Betina**. Penebar Swadaya. Jakarta.

GLOSARI

- Adenohipofisa : salah satu bagian dari kelenjar hipofisa yang mengandung sel-sel pensекреksi hormon prolaktin, hormon Adrenocorticotropic (ACTH), hormon pelepas tiroid (Thyroid Stimulating Hormone), hormon pertumbuhan (STH-Somatotropin) dan Gonadotropin. Pars intermedia mensekresi hormon pelepas melanosit (Melanocyte Stimulating Hormone).
- Adaptasi : Masa penyesuaian suatu organisme dalam lingkungan baru.
- Aerasi : Pemberian udara ke dalam air untuk penambahan oksigen
- Akrosom : Organel penghujung pada kepala sperma yang dikeluarkan yang berfungsi membantu sperma menembus sel telur.
- Aksi gen aditif : aksi gen yang mana fenotipe heterosigot merupakan intermedit antara kedua fenotipe homosigot, kedua alel tidak memperlihatkan dominansi, keduanya memberikan kontribusi yang seimbang dalam menghasilkan suatu fenotipe
- Aklimatisasi : Penyesuaian fisiologis terhadap perubahan salah satu faktor lingkungan
- Albinisme : kondisi genetik yang tidak sempurna yang menyebabkan organisme tidak membentuk pigmen
- Alel : Bentuk alternatif suatu gen
- Alel dominan : Alel yang diekspresikan secara penuh dalam fenotipe itu
- Alel resesif : Alel yang pemunculan fenotipenya ditutupi secara sempurna
- Aldehida : Molekul organik dengan gugus karbonil yang

- terletak pada ujung kerangka karbon
- Anabolisme : Pembentukan zat organik kompleks dari yang sederhana, asimilasi zat makanan oleh organisme untuk membangun atau memulihkan jaringan dan bagian-bagian hidup lainnya.
- Anadromus : Ikan-ikan yang sebagian besar hidupnya dihabiskan dilaut dan bermigrasi ke air tawar untuk memijah.
- Anafase : Tahap mitosis dan meiosis yang mengikuti metafase ketika separuh kromosom atau kromosom homolog memisah dan bergerak ke arah kutub gelendong.
- Androgen : Hormon steroid jantan utama, misalnya testoteron
- Androgenesis : Proses penjantanan
- Antibiotik : Bahan kimiawi yang membunuh bakteri atau menghambat pertumbuhannya.
- Antibodi : Immunoglobulin pengikat antigen yang dihasilkan oleh sel limfosit B, berfungsi sebagai efektor dalam suatu respon imun.
- Antigen : Makromolekul asing yang bukan merupakan bagian dari organisme inang dan yang memicu munculnya respon imun.
- Asam amino : Molekul organik yang memiliki gugus karboksil maupun gugus amino. Asam amino berfungsi sebagai monomer protein.
- Asam deoksiribonukleat : Suatu molekul asam nukleat berbentuk heliks dan berantai ganda yang mampu bereplikasi dan menentukan struktur protein sel yang diwariskan.
- Asam lemak (fatty acid) : Asam karboksilik dengan rantai karbon panjang. Asam lemak bervariasi panjang dan jumlah dan lokasi ikatan gandanya, tiga asam lemak berikatan dengan satu molekul gliserol akan membentuk lemak.

LAMPIRAN B

- Asam lemak jenuh (Saturated fatty acid) : Asam lemak dimana semua karbon dalam ekor hidrokarbonnya dihubungkan oleh ikatan tunggal, sehingga memaksimumkan jumlah atom hidrogen yang dapat berikatan dengan kerangka karbon.
- Asam lemak tak jenuh (Unsaturated fatty acid) : Asam lemak yang memiliki satu atau lebih ikatan ganda antara karbon-karbon dalam ekor hidrokarbon. Ikatan seperti itu mengurangi jumlah atom hidrogen yang terikat ke kerangka karbon.
- Asam nukleat : Suatu polimer yang terdiri atas banyak monomer nukleotida, yang berfungsi sebagai cetak biru untuk protein dan melalui kerja protein, untuk semua aktivitas seluler. Ada dua jenis yaitu DNA dan RNA.
- Asam amino essensial : Asam amino yang tidak dapat disintesis sendiri oleh tubuh hewan sehingga harus tersedia dalam makanan.
- Aseksual : Perkembangbiakan tidak melalui perkawinan
- Autosom : Kromosom yang secara tidak langsung terlibat dalam penentuan jenis kelamin, sebagai kebalikan dari kromosom seks.
- Auksospora : Sel-sel yang besar berasal dari perkembangbiakan zigot baru
- Backcross : Bentuk perkawinan yang sering digunakan dalam pemuliaan yaitu mengawinkan kembali antara anak dan orangtuanya yang sama untuk beberapa generasi.
- Basofil : Bersifat menyerap basa.
- Benthos : Organisme yang hidup di dasar perairan
- Blastomer : Sel-sel anak yang dihasilkan selama pembelahan zygot.
- Blastula : Rongga yang terbentuk selama fase pembelahan zigot.
- Blastulasi : Proses pembentukan blastula

| | | |
|--------------------|---|--|
| Biomassa | : | Bobot kering bahan organik yang terdiri atas sekelompok organisme di dalam suatu habitat tertentu atau bobot seluruh bahan organik pada satuan luas dalam suatu waktu tertentu. |
| Budidaya | : | Usaha yang bermanfaat dan memberi hasil, suatu sistem yang digunakan untuk memproduksi sesuatu dibawah kondisi buatan. |
| Closed Breeding | : | Perkawinan yang dekat sekali kaitan keluarganya, misalnya antara anak dan tetua atau antara antar saudara sekandung. |
| Cyste | : | Fase dorman dari crustacea karena kondisi lingkungan yang tidak sesuai |
| Dekomposer | : | Fungi dan bakteri saprotropik yang menyerap nutrisi dari materi organik yang tidak hidup seperti bangkai, materi tumbuhan yang telah jatuh dan buangan organisme hidup dan mengubahnya menjadi bentuk anorganik. |
| Densitas | : | Jumlah individu persatuan luas atau volume atau masa persatuan volume yang biasanya dihitung dalam gram/cm ³ atau jumlah sel/ml. |
| Deoksiribosa | : | Komponen gula pada DNA, yang gugus hidroksilnya kurang satu dibandingkan dengan ribosa, komponen gula pada RNA |
| Detritus | : | Materi organik yang telah mati atau hancuran bahan organik yang berasal dari proses penguraian secara biologis. |
| Disipon | : | Membersihkan badan air dengan mengeluarkan kotoran bersama sebagian jumlah air. |
| Disucihamakan | : | Disterilkan dari jasad pengganggu. |
| Dorsal | : | Bagian punggung |
| Diagnosis | : | Proses pemeriksaan terhadap suatu hal |
| Diferensiasi gonad | : | Proses penentuan kelamin dengan pernyataan fenotipe melalui perkembangan alat kelamin dan ciri-ciri kelamin. |

LAMPIRAN B

| | | |
|--------------------|---|---|
| Diploid | : | Keadaan perangkat kromosom bila setiap kromosomnya diwakili dua kali ($2n$) |
| Diploidisasi | : | Penggandaan jumlah kromosom pada sel-sel haploid |
| Donor | : | Pemberi sumbangan |
| Dormant | : | Telur yang dibuahi dan merupakan dinding tebal dan jika menetas menjadi betina amiktik. |
| Ekspresi gen | : | Pengejewantahan bahan genetik pada suatu makhluk hidup sebagai keseluruhan jumlah tabiat yang khas. |
| Elektroforesis gel | : | Pemisahan asam nukleat atau protein berdasarkan ukuran dan muatan listriknya, dengan cara mengukur laju pergerakannya melalui suatu medan listrik dalam suatu gel. |
| Embriogenesis | : | Proses perkembangan embrio |
| Endokrin | : | Kelenjar/sel yang menghasilkan hormon |
| Enzim | : | Molekul protein kompleks yang dihasilkan oleh sel dan bekerja sebagai katalisator dalam berbagai proses kimia didalam tubuh makhluk hidup. |
| Enzim restriksi | : | Enzim yang digunakan untuk memotong fragmen DNA yang memiliki sekuen tertentu. |
| Estrogen | : | Hormon seks steroid betina yang utama. |
| Eukaryot | : | Makhluk yang sel-selnya mengandung inti sejati yang diselimuti selaput inti, mengalami meiosis, membelah dengan mitosis dan enzim oksidatifnya dikemas dalam mitokondria. |
| Fekunditas | : | Jumlah sel telur yang dihasilkan oleh seekor hewan betina pertahun atau persatuan berat hewan. |
| Feminisasi | : | Proses pembetinaan |

| | |
|--------------|--|
| Fenotipe | : Ciri fisik dan fisiologis pada suatu organisme atau sifat yang terlihat pada makhluk hidup yang dihasilkan oleh genotipe bersama-sama dengan faktor lingkungan. |
| Feromon | : Sinyal kimiawi atsiri dan kecil yang berfungsi dalam komunikasi diantara hewan-hewan dan bertindak sangat mirip dengan hormon dalam mempengaruhi fisiologi dan tingkah laku. |
| Fertilisasi | : Penyatuan gamet haploid untuk menghasilkan suatu zigot diploid. |
| Flagella | : Tonjolan berbentuk cambuk pada salah satu sel untuk alat gerak. |
| Fotosintesis | : Pengubahan energi cahaya menjadi energi kimiawi yang disimpan dalam glukosa atau senyawa organik lainnya. |
| Galur | : Pengelompokan anggota-anggota jenis yang hanya memiliki satu atau sejumlah ciri, biasanya bersifat homozigot dan dipertahankan untuk keperluan percobaan genetika. |
| Gamet | : Sel sperma atau telur haploid, gamet menyatu selama reproduksi seksual untuk menghasilkan suatu zigot diploid. |
| Gastrula | : Tahapan pembentukan embrio berlapis dua dan berbentuk piala. |
| Gastrulasi | : Proses pembentukan gastrula dari blastula atau proses pembentukan tiga daun kecambah ektoderm, mesoderm dan endoderm. |
| Gelendong | : Kumpulan mikrotubula yang menyelaraskan pergerakan kromosom selama pembelahan eukariotik. |
| Gen | : Bagian kromosom yang mengatur sifat-sifat keturunan tertentu atau satuan informasi yang terdiri atas suatu urutan nukleotida spesifik dalam DNA. |

LAMPIRAN B

| | |
|---------------|--|
| Generasi F1 | : Turunan pertama atau turunan hibrid dalam fertilisasi-silang genetik. |
| Generasi F2 | : Keturunan yang dihasilkan dari perkawinan generasi hibrid F1. |
| Genom | : Komplemen lengkap gen-gen suatu organisme, materi genetik suatu organisme. |
| Genotipe | : Kandungan genetik suatu organisme. |
| Ginogenesis | : Proses perkembangan embrio yang berasal dari telur tanpa kontribusi material genetik jantan |
| Gonad | : Organ seks jantan dan betina, organ penghasil gamet pada sebagian besar hewan. |
| Gonadotropin | : Hormon yang merangsang aktivitas testes dan ovarium. |
| Haploid | : Memiliki jumlah kromosom yang khas untuk gamet makhluknya. |
| Heritabilitas | : Keragaman fenotipe yang diakibatkan oleh aksi genotipe atau menggambarkan tentang persentase keragaman fenotipe yang diwariskan dari induk kepada keturunannya. Dinotasikan dengan huruf h^2 dengan nilai berkisar antara 0 – 1. |
| Hermaphrodit | : Individu yang mempunyai alat kelamin jantan dan betina. |
| Heliks ganda | : Bentuk DNA asli |
| Haemoglobin | : Protein mengandung besi dalam sel darah merah yang berikatan secara reversibel dengan oksigen. |
| Herbivora | : Hewan heterotropik yang memakan tumbuhan. |
| Heterozigot | : Mempunyai dua alel yang berbeda untuk suatu sifat genetik tertentu. |
| Heterosis | : Suatu ukuran untuk menilai keunggulan dan ketidakunggulan hibrid |

| | | |
|--------------------|---|--|
| Hibrid | : | Turunan dari tetua yang secara genetik sangat berbeda, bahkan mungkin berlainan jenis atau marga. |
| Hibridisasi | : | Perkawinan antara individu yang berbeda atau persilangan. |
| Hipofisasi | : | Salah satu teknik dalam pengembangbiakan ikan dengan cara menyuntikkan ekstrak kelenjar hipofisa kepada induk ikan untuk mempercepat tingkat kematangan gonad. |
| Hipotalamus | : | Bagian ventral otak depan vertebrata, yang berfungsi dalam mempertahankan homeostasis, khususnya dalam mengkoordinasikan sistem endokrin dengan sistem saraf. |
| Histon | : | Protein kecil dengan porsi besar yang terdiri dari asam amino bermuatan positif yang berikatan dengan DNA bermuatan negatif dan berperan penting dalam struktur kromatinnya. |
| Homeostasis | : | Kondisi fisiologis yang mantap dalam tubuh. |
| Homozigot | : | Mempunyai dua alel yang identik untuk suatu sifat tertentu. |
| Hormon | : | Bahan kimia pembawa sinyal yang dibentuk dalam sel-sel khusus pada kelenjar endokrin. Hormon disekresikan ke dalam darah kemudian disalurkan ke organ-organ yang menjalankan fungsi-fungsi regulasi tertentu secara fisiologik dan biokimia. |
| Ikan transgenik | : | Ikan yang memiliki DNA asing didalam tubuhnya |
| Inaktivasi sperma | : | Menonaktifkan sperma |
| Inbreeding | : | Perkawinan antara individu-individu yang sekerabat yaitu berasal dari jantan dan betina yang sama. |
| Infeksi Retroviral | : | Salah satu metode transfer gen. Metode ini menggunakan gen-gen heterogen yang dimasukkan ke dalam genome virus dan dapat dipindahkan kepada inang yang terinfeksi virus tersebut. |

LAMPIRAN B

| | | |
|----------------------|---|---|
| Inkubasi | : | Masa penyimpanan |
| Interfase | : | Fase dimana tidak ada perubahan pada inti sel, waktu istirahat. |
| Karakter kuantitatif | : | Suatu ciri yang dapat diturunkan dalam suatu populasi yang bervariasi secara kontinu sebagai akibat pengaruh lingkungan dan pengaruh tambahan dua atau lebih gen. |
| Kariotipe | : | Metode pengorganisasian kromosom suatu sel dalam kaitannya dengan jumlah, ukuran dan jenis. |
| Katadromus | : | Ikan-ikan yang sebagian besar hidupnya dihabiskan di perairan tawar dan bermigrasi ke laut untuk memijah. |
| Kelenjar hipofisa | : | Kelenjar kecil dibagian otak bawah yang menghasilkan berbagai macam hormon yang dibutuhkan pada makhluk hidup . |
| Kromosom | : | Struktur pembawa gen yang mirip benang yang terdapat di dalam nukleus. |
| Kopulasi | : | Proses perkawinan |
| Kista | : | Suatu stadia istirahat pada hewan cladocera atau crustacea tingkat rendah. |
| Larva | : | Organisme yang belum dewasa yang baru keluar dari telur atau stadia setelah telur menetas. |
| Larutan hipoklorit | : | Larutan yang mengandung HClO |
| Lokus | : | Tempat khusus disepanjang kromosom tertentu dimana gen tertentu berada. |
| Maskulinisasi | : | Penjantanan. |
| Meiosis | : | Tipe pembelahan sel dan nukleus ketika jumlah kromosom direduksi dari diploid ke haploid. |
| Metasentrik | : | Kromosom yang sentromernya terletak ditengah-tengah. |

| | | |
|---------------|---|---|
| Metafase | : | Tahapan mitosis dan meiosis ketika kromosom mencapai keseimbangan posisi pada bidang ekuator. |
| Metamorfosis | : | Perubahan bentuk organisme dalam daur hidup |
| Mikropil | : | Lubang kecil pada telur tempat masuknya sperma. |
| Mikroinjeksi | : | Metode yang digunakan dalam mengintroduksi DNA asing ke dalam pronukleus atau sitoplasma telur yang telah terbuahi. DNA asing disuntikkan pada saat fase 1-2 sel. |
| Mitosis | : | Proses pembelahan nukleus pada sel eukariotik yang secara konvensional dibagi menjadi lima tahapan : profase, prometafase, metafase, anafase, dan telofase. Mitosis mempertahankan jumlah kromosom dengan cara mengalokasikan kromosom yang direplikasikan secara sama ke masing-masing nukleus anak. |
| Morula | : | Sekelompok sel anak (blastomer) yang terbentuk selama fase pembelahan zygot. |
| Nauplii | : | Bentuk stadia setelah menetas pada crustacea atau copepoda. |
| Neurohipofisa | : | Bagian dari kelenjar hipofisa, terdiri dari pars nervosa yang berfungsi mensekresi Oxytocin, Arginin Vasotocin dan Isotocin |
| Omnivore | : | Organisme pemakan segala |
| Ovarium | : | Kelenjar kelamin betina yang menghasilkan ovum. |
| Ovipar | : | Berkembangbiak dengan menghasilkan telur. |
| Ovivipar | : | Berkembangbiak dengan menghasilkan telur tetapi telur tersebut menetas dalam tubuh induknya. |
| Outbreeding | : | Perkawinan antara individu-individu yang tidak sekerabat (berbeda induknya), masih dalam satu varietas atau beda varietas. |

LAMPIRAN B

| | | |
|-----------------|---|--|
| Ovulasi | : | Proses terlepasnya sel telur dari folikel. |
| Partenogenesis | : | Perkembangbiakan telur menjadi individu baru tanpa pembuahan telur dan menghasilkan telur diploid. |
| Pemijahan | : | Proses peletakan telur atau perkawinan |
| Pigmen | : | Zat warna tubuh |
| Plasmid | : | Molekul DNA sirkular yang bereplikasi pada sel-sel bakteri secara independent. |
| Polar body | : | Sel telur hasil pembelahan meiosis yang tidak memiliki sitoplasma. |
| Profase | : | Tahap pertama meiosis dan mitosis ketika kromosom mulai jelas terlihat. |
| Progeni | : | Keturunan yang berasal dari sumber yang sama, anak cucu |
| Poliploidisasi | : | Proses pergantian kromosom dimana individu yang dihasilkan mempunyai lebih dari dua set kromosom. |
| Reproduksi | : | Proses perkembangbiakan baik secara aseksual maupun seksual. |
| Seleksi | : | Pemisahan populasi dasar yang digunakan ke dalam kedua kelompok, yaitu kelompok terpilih dan kelompok yang harus terbuang. |
| Sentromer | : | Bagian kromosom yang terletak pada titik ekuator kumparan pada metafase, tempat melekat benang penarik gelendong, posisi sentromer menentukan bentuk kromosom. |
| Seks reversal | : | Proses pembalikan kelamin dengan menggunakan metode tertentu. |
| Spermatogenesis | : | Proses perkembangan spermatogonium menjadi spermatis |
| Spermatogonium | : | Sel-sel kecambah untuk membentuk sperma |

| | | |
|------------------|---|---|
| Spermatozoa | : | Sel gamet jantan dengan inti haploid yang memiliki bentuk berekor. |
| Spermiasi | : | Proses dimana spermatozoa dilepaskan dari cyste dan masuk kedalam lumen. |
| Spermiogenesis | : | Proses metamorfosa spermatid menjadi spermatozoa |
| Submetacentrik | : | Sentromer terletak pada ujung kromosom yang memiliki dua lengan yang tidak sama panjangnya. |
| Subtelocentrik | : | Sentromer juga terletak pada ujung kromosom namun masih jelas terlihat adanya lengan pendek. |
| Spektrofotometer | : | Suatu instrumen yang mengukur porsi dari cahaya dengan panjang gelombang yang berbeda yang diserap dan dihantarkan oleh suatu larutan berpigmen. |
| Telofase | : | Tahap akhir dari mitosis atau meiosis ketika pembagian sitoplasma dan penyusunan inti selesai. |
| Testis | : | Gonad yang berperan menghasilkan sperma |
| Tetraploid | : | Individu yang mempunyai empat perangkat kromosom haploid pada nukleusnya. |
| Triploid | : | Individu yang mempunyai tiga perangkat kromosom haploid pada nukleusnya. |
| Triploidisasi | : | Proses pembuatan organisme triploid dengan menggunakan kejutan suhu untuk menahan polar body II atau menahan pembelahan mitosis awal. |
| Vitellogenesis | : | Proses deposisi kuning telur, dicirikan oleh bertambah banyaknya volume sitoplasma yang berasal dari vitelogenin eksogen yang membentuk kuning telur. |
| Zygot | : | Sel diploid sebagai hasil perpaduan gamet jantan dan gamet betina haploid. |

DAFTAR GAMBAR

| No. | Judul | Halaman |
|-------|---|---------|
| 1.1. | Ikan Mas (<i>Cyprinus carpio</i>) | 4 |
| 1.2. | Ikan Nila (<i>Oreochromis niloticus</i>) | 4 |
| 1.3. | Ikan Gurami (<i>Osphronemus gouramy</i>) | 4 |
| 1.4. | Udang galah (<i>Macrobrachium rosenbergii</i>) | 4 |
| 1.5. | Ikan Patin (<i>Pangasius hiphothalamus</i>) | 4 |
| 1.6. | Ikan Bawal (<i>Colosoma brachyponum</i>) | 5 |
| 1.7. | Ikan Tawes (<i>Puntius gonionotus</i>) | 5 |
| 1.8. | Ikan Tambakan (<i>Helostoma temmincki</i>) | 5 |
| 1.9. | Ikan Sepat (<i>Trichogaster pectoralis</i>) | 5 |
| 1.10. | Ikan Kowan (<i>Ctenopharyngodon idella</i>) | 5 |
| 1.11. | Ikan Lele (<i>Clarias</i> sp) | 5 |
| 1.12. | Ikan Sidat (<i>Anguilla</i> sp) | 6 |
| 1.13. | Udang vanamei (<i>Penaeus vannamei</i>) | 6 |
| 1.14. | Ikan Bandeng (<i>Chanos chanos</i>) | 6 |
| 1.15. | Kerapu Merah (<i>Plectopomus maculates</i>) | 6 |
| 1.16. | Ikan Kakap putih (<i>Lates calcarifer</i>) | 6 |
| 1.17. | Ikan Kerapu (<i>Chromileptes altivelis</i>) | 6 |
| 1.18. | Ikan Betutu (<i>Oxyeleotris marmorata</i>) | 6 |
| 1.19. | Lobster Air Tawar (<i>Cherax quadricarinatus</i>) | 6 |
| 1.20. | Ikan Beronang (<i>Siganus gutatus</i>) | 7 |
| 2.1 | Kolam tanah | 22 |
| 2.2 | Kolam semiintensif | 22 |
| 2.3 | Kolam intensif | 22 |
| 2.4 | Kolam Pemijahan | 23 |
| 2.5 | Kolam Penetasan | 23 |
| 2.6 | Kolam Pemeliharaan | 23 |
| 2.7 | Kolam Pemberokan | 24 |
| 2.8 | Bak beton | 24 |
| 2.9 | Bak Fiber | 24 |
| 2.10 | Bak Plastik | 24 |
| 2.11 | Akuarium Kelompok | 25 |
| 2.12 | Akuarium sejenis | 26 |
| 2.13 | Akuarium Tanaman | 26 |
| 2.14 | Kolam jaring terapung tampak atas | 26 |
| 2.15 | Kolam jaring terapung tampak depan | 27 |
| 2.16 | Bentuk pematang trapesium sama kaki | 28 |
| 2.17 | Bentuk pematang trapesium tidak sama kaki | 28 |
| 2.18 | Kemiringan dasar kolam | 28 |
| 2.19 | Saluran tengah atau kemalir | 29 |
| 2.20 | Pintu pemasukan dan pengeluaran air di tengah | 29 |
| 2.21 | Pintu pemasukan dan pengeluaran air di sudut | 29 |

| | | |
|------|--|-----|
| 2.22 | Pintu pemasukan dan pengeluaran air bentuk L | 30 |
| 2.23 | Pintu pemasukan dan pengeluaran air system monik | 30 |
| 2.24 | Pemasukan dan pengeluaran air pipa paralon | 30 |
| 2.25 | Meletakkan lembaran kaca | 32 |
| 2.26 | Mengukur kaca | 32 |
| 2.27 | Memotong kaca | 32 |
| 2.28 | Menghaluskan bagian pinggir kaca | 32 |
| 2.29 | Lem silicon dan alat tembak lem | 33 |
| 2.30 | Penggunaan alat tembak lem | 33 |
| 2.31 | Lakban pada kaca | 34 |
| 2.32 | Mengeringkan akuarium | 34 |
| 2.33 | Kerangka jarring apung | 37 |
| 2.34 | Pelampung drum besi | 38 |
| 2.35 | Jangkar | 38 |
| 2.36 | Pola jarring | 41 |
| 2.37 | Pengeringan dasar kolam | 43 |
| 2.38 | Mengairi kolam | 46 |
| 2.39 | Sanitasi bak budidaya | 48 |
| 3.1 | Termometer | 71 |
| 3.2 | Secchi disk | 71 |
| 3.3 | Salinometer | 71 |
| 3.4 | Refraktometer | 71 |
| 3.5 | Flow meter | 71 |
| 3.6 | DO meter | 71 |
| 3.7 | pH meter | 72 |
| 3.8 | Kerta Lakmus | 72 |
| 3.9 | Planktonnet | 72 |
| 3.10 | Haemocytometer | 72 |
| 3.11 | Ekman Dredge | 72 |
| 3.12 | Spektrofotometer | 72 |
| 4.1 | Diagram skematik perkawinan dua tipe linebreeding | 95 |
| 4.2 | Induk ikan lele betina dan genital papilla | 96 |
| 4.3 | Induk ikan lele jantan dan genital papilla | 97 |
| 4.4 | Induk ikan mas betina dan genital papilla | 100 |
| 4.5 | Induk ikan mas jantan dan genital papilla | 100 |
| 4.6 | Induk ikan nila | 102 |
| 4.7 | Induk ikan patin jantan dan betina | 102 |
| 4.8 | Kanulasi induk ikan patin | 103 |
| 4.9 | Skema pengaturan sekresi hormone | 105 |
| 4.10 | Letak dan jenis kelenjar endokrin ikan dari arah depan | 106 |
| 4.11 | Mekanisme hormone steroid | 109 |
| 4.12 | Representasi diagram pada penampang sagital otak | 110 |
| 4.13 | Pengambilan kelenjar hipofisa | 111 |
| 4.14 | Penggerusan kelenjar hipofisa | 112 |
| 4.15 | Pemutaran alat sentrifuse | 112 |
| 4.16 | Pembuatan ekstrak kelenjar hipofisa | 112 |

LAMPIRAN C

| | | |
|------|---|-----|
| 4.17 | Pengambilan kelenjar ekstrak hipofisa | 112 |
| 4.18 | Penyuntikan ekstrak kelenjar hipofisa | 113 |
| 4.19 | Pemasangan kakaban dikolam pemijahan cara Sunda | 118 |
| 4.20 | Kolam pemijahan cara Cimindi | 119 |
| 4.21 | Kolam pemijahan cara Magek | 120 |
| 4.22 | Kolam pemijahan cara Kantong | 121 |
| 4.23 | Kolam pemijahan cara Dubish | 122 |
| 4.24 | Kolam pemijahan cara Hofer | 123 |
| 4.25 | Diagram susunan kolam pemijahan bersekat | 129 |
| 4.26 | Sampling benih ikan | 145 |
| 4.27 | Pengemasan benih | 159 |
| 6.1 | Disk mill | 283 |
| 6.2 | Hammer mill | 283 |
| 6.3 | Vertical mixer | 284 |
| 6.4 | Horizontal mixer | 284 |
| 6.5 | Alat penggiling daging | 286 |
| 6.6 | Alur proses pembuatan pakan skala pabrikasi | 287 |
| 6.7 | Silo | 287 |
| 6.8 | Alat pengukur kadar air | 293 |
| 6.9 | Peralatan pengukuran kadar protein | 294 |
| 6.10 | Peralatan pengukuran kadar lemak | 294 |
| 6.11 | Peralatan pengukuran kadar serat kasar | 295 |
| 6.12 | Peralatan pengukuran kadar abu | 296 |
| 6.13 | Metode pemberian pakan dengan tangan | 323 |
| 6.14 | Ametode pemberian pakan dengan demand feeder | 323 |
| 7.1 | <i>Chlorella</i> sp | 331 |
| 7.2 | <i>Tetrasemis</i> sp | 332 |
| 7.3 | <i>Scenedesmus</i> sp | 332 |
| 7.4 | <i>Skeletonema costatum</i> | 333 |
| 7.5 | <i>Spirulina</i> sp | 333 |
| 7.6 | <i>Brachionus</i> sp | 334 |
| 7.7 | <i>Artemia salina</i> | 334 |
| 7.8 | <i>Moina</i> sp | 335 |
| 7.9 | <i>Daphnia</i> sp | 335 |
| 7.10 | <i>Paramecium</i> | 335 |
| 7.11 | <i>Tubifex</i> sp | 335 |
| 7.12 | Erlemeyer | 336 |
| 7.13 | Cawan Petri | 337 |
| 7.14 | Jarum ose | 337 |
| 7.15 | Pipet kaca | 337 |
| 7.16 | Tabung reaksi | 337 |
| 7.17 | Mikroskop | 337 |
| 7.18 | Bak fiber | 338 |
| 7.19 | Aerator | 338 |
| 7.20 | <i>Daphnia</i> sp (bagian-bagian tubuh) | 360 |
| 7.21 | Kemasan cyst Artemia | 367 |

| | | |
|------|--|-----|
| 7.22 | Perkembangbiakan Artemia | 373 |
| 7.23 | Rotifera | 382 |
| 7.24 | Daur hidup rotifer | 384 |
| 7.25 | Tubifex | 391 |
| 7.26 | Daur hidup tubifex | 392 |
| 8.1 | <i>Ichthyophthirius multifiliis</i> | 405 |
| 8.2 | Siklus hidup <i>Ichthyophthirius multifiliis</i> | 406 |
| 8.3 | <i>Trichodina</i> tampak bawah | 407 |
| 8.4 | <i>Trichodina</i> tampak atas | 407 |
| 8.5 | <i>Myxobolus</i> sp | 407 |
| 8.6 | <i>Myxosoma</i> sp | 408 |
| 8.7 | <i>Thelohanellus</i> sp | 408 |
| 8.8 | <i>Henneguya</i> sp | 408 |
| 8.9 | <i>Dactylogyrus</i> sp | 409 |
| 8.10 | <i>Gyrodactilus</i> sp | 409 |
| 8.11 | <i>Lernea</i> sp | 410 |
| 8.12 | <i>Argulus indicus</i> tampak bawah | 411 |
| 8.13 | <i>Saprolegnia</i> sp | 411 |
| 8.14 | <i>Achlya</i> sp | 411 |
| 8.15 | <i>Aeromonas</i> sp | 412 |
| 8.16 | Mekanisme kerja mekanik | 413 |
| 8.17 | Penumpukan partikel pada media filter mekanik | 414 |
| 8.18 | Filter air | 415 |
| 8.19 | Dropsy pada ikan plati dan cupang | 418 |
| 8.20 | Dropsy tampak samping | 419 |
| 8.21 | Akumulasi cairan | 419 |
| 8.22 | Contoh kasus kelainan gelembung renang | 420 |
| 8.23 | Gejala umum ulcer | 421 |
| 8.24 | Ikan terserang white spot | 422 |

DAFTAR TABEL

| No. | Judul | Halaman |
|-----|--|---------|
| 1.1 | Komoditas akuakultur yang sudah lazim dibudidayakan dalam system budidaya di Indonesia | 3 |
| 2.1 | Perbandingan antara ukuran akuarium dengan ketebalan kaca | 31 |
| 2.2 | Jenis pelampung dan lama pemakaian | 37 |
| 2.3 | Ukuran mata jaring yang digunakan berdasarkan ukuran ikan yang dibudidayakan | 39 |
| 2.4 | Perbandingan jumlah mata jarring yang harus dipotong dalam berbagai ukuran kantong jarring dan mata jaring. | 42 |
| 2.5 | Dosis kapur tohor (CaO) | 45 |
| 3.1 | Pengaruh suhu air terhadap respon konsumsi pakan | 56 |
| 3.2 | Hubungan antara kadar oksigen terlarut dan suhu | 60 |
| 3.3 | Pengaruh pH terhadap komunitas biologi perairan | 62 |
| 3.4 | Presentase ammonia bebas terhadap ammonia total | 66 |
| 3.5 | Kriteria kualitas air Golongan C | 69 |
| 3.6 | Parameter kualitas air untuk budidaya ikan dan peralatan pengukuran yang dapat digunakan | 70 |
| 4.1 | Perbandingan strategi, keuntungan dan kerugian dari seleksi individu (A), seleksi within family (B) dan seleksi between family (C) | 78 |
| 4.2 | Pengaruh silang dalam terhadap frekuensi genotype dan frekuensi alel dalam lokus | 94 |
| 4.3 | Ciri-ciri induk jantan dan betina ikan mas | 99 |
| 4.4 | Ciri-ciri induk jantan dan betina ikan mas matang gonad | 99 |
| 4.5 | Ciri-ciri induk jantan dan betina ikan nila | 101 |
| 4.6 | Dosis pengapuran untuk menetralkan dari berbagai jenis tekstur tanah dan pH awal yang berbeda | 128 |
| 4.7 | Perkembangan stadia embrio ikan lele pada suhu 28 °C | 134 |
| 4.8 | Lama pemeliharaan ikan mas berdasarkan sistem pemeliharaan | 150 |
| 5.1 | Kebutuhan energi untuk ikan Salmon | 166 |
| 5.2 | Kebutuhan energi untuk Catfish | 166 |
| 5.3 | Nama dan singkatan asam amino | 171 |
| 5.4 | Kebutuhan asam amino essensial pada beberapa jenis ikan dalam % protein pakan | 178 |
| 5.5 | Tingkat kebutuhan protein optimal (% berat kering pakan) pada beberapa jenis ikan budidaya | 182 |
| 5.6 | Klasifikasi karbohidrat | 184 |

| | | |
|------|--|-----|
| 5.7 | Nilai pencernaan karbohidrat berdasarkan kadar dan sumbernya oleh beberapa ikan budidaya | 188 |
| 5.8 | Kebutuhan optimum karbohidrat dalam pakan untuk pertumbuhan beberapa ikan budidaya | 190 |
| 5.9 | Nama umum asam lemak | 194 |
| 5.10 | Kelompok asam lemak unsaturated jenuh | 195 |
| 5.11 | Kebutuhan asam lemak essensial pada ikan | 196 |
| 5.12 | Komposisi asam lemak essensial pada berbagai sumber lipid (g/100 g asam lemak) | 197 |
| 5.13 | Penggolongan beberapa sumber vitamin A | 202 |
| 5.14 | Kebutuhan vitamin A beberapa spesies ikan budidaya | 203 |
| 5.15 | Kekurangan vitamin A pada beberapa jenis ikan | 203 |
| 5.16 | Kebutuhan vitamin D beberapa spesies ikan budidaya | 205 |
| 5.17 | Kebutuhan vitamin E beberapa spesies ikan budidaya | 207 |
| 5.18 | Kriteria respon ikan terhadap pemberian vitamin E sesuai dengan kebutuhan ikan budidaya | 208 |
| 5.19 | Gejala kekurangan vitamin E pada beberapa ikan budidaya | 209 |
| 5.20 | Kebutuhan tiamin dalam pakan | 211 |
| 5.21 | Tanda-tanda kekurangan tiamin A pada ikan budidaya | 212 |
| 5.22 | Kebutuhan vitamin B2 dalam pakan ikan | 213 |
| 5.23 | Tanda-tanda kekurangan riboflavin pada ikan budidaya | 214 |
| 5.24 | Kebutuhan vitamin B6 dalam pakan ikan | 215 |
| 5.25 | Tanda-tanda kekurangan piridoksin pada ikan budidaya | 216 |
| 5.26 | Kebutuhan vitamin B5 dalam pakan ikan | 218 |
| 5.27 | Tanda-tanda kekurangan asam pantotenat pada ikan budidaya | 218 |
| 5.28 | Kebutuhan biotin dalam pakan ikan | 220 |
| 5.29 | Tanda-tanda kekurangan biotin pada ikan budidaya | 220 |
| 5.30 | Kebutuhan asam folat dalam pakan ikan | 221 |
| 5.31 | Tanda-tanda kekurangan asam folat pada ikan budidaya | 222 |
| 5.32 | Kebutuhan vitamin B12 dalam pakan ikan | 223 |
| 5.33 | Tanda-tanda kekurangan vitamin B12 pada ikan budidaya | 223 |
| 5.34 | Kebutuhan Niasin dalam pakan ikan | 224 |
| 5.35 | Tanda-tanda kekurangan Niasin pada ikan budidaya | 225 |
| 5.36 | Kebutuhan inositol dalam pakan ikan | 226 |
| 5.37 | Tanda-tanda kekurangan inositol pada ikan budidaya | 226 |
| 5.38 | Kebutuhan Kolin dalam pakan ikan | 227 |
| 5.39 | Tanda-tanda kekurangan kolin pada ikan budidaya | 228 |
| 5.40 | Kebutuhan vitamin C dalam pakan ikan | 229 |
| 5.41 | Tanda-tanda kekurangan vitamin C pada ikan budidaya | 230 |

LAMPIRAN C

| | | |
|------|---|-----|
| 5.42 | Kebutuhan mineral makro dalam pakan pada berbagai jenis ikan air tawar (mg/kg atau g/kg berat kering) | 237 |
| 5.43 | Kebutuhan mineral mikro dalam pakan pada berbagai jenis ikan air tawar (mg/kg atau g/kg berat kering) | 237 |
| 5.44 | Kebutuhan zat besi pada beberapa jenis ikan | 238 |
| 5.45 | Kebutuhan mineral seng pada beberapa jenis ikan | 239 |
| 5.46 | Kebutuhan mangan pada beberapa jenis ikan | 240 |
| 5.47 | Kebutuhan mineral tembaga pada beberapa jenis ikan | 241 |
| 6.1 | Beberapa jenis ikan berdasarkan kebiasaan makannya | 247 |
| 6.2 | Kandungan nutrisi bahan baku nabati | 251 |
| 6.3 | Kandungan nutrisi bahan baku hewani | 252 |
| 6.4 | Kandungan nutrisi bahan baku limbah pertanian | 252 |
| 6.5 | Rekomendasi penggunaan bahan baku untuk pakan ikan dan udang dalam % | 254 |
| 6.6 | Jenis dan kandungan nutrisi bahan baku ikan karnivora | 255 |
| 6.7 | Hasil analisa proksimat bahan baku | 256 |
| 6.8 | Bahan baku pakan yang mengandung zat antinutrisi dan cara menghilangkan zat antinutrisi | 285 |
| 6.9 | Acuan bentuk dan tipe pakan buatan untuk ikan budidaya | 291 |
| 6.10 | Skedul pemberian pakan dalam usaha budidaya ikan | 320 |
| 6.11 | Skedul pemberian pakan pada udang | 321 |
| 6.12 | Jumlah pakan harian pudang dengan kelangsungan hidup 80% | 322 |
| 7.1 | Komposisi pupuk pada media stok murni kultur algae | 341 |
| 7.2 | Komposisi Trace Metal Solution | 341 |
| 7.3 | Komposisi pupuk pada phytoplankton air tawar | 342 |
| 7.4 | Komposisi pupuk phytoplankton semi masal | 346 |
| 7.5 | Komposisi pupuk kultur missal | 347 |
| 7.6 | Komposisi campuran vitamin pada media Dphnia | 363 |
| 7.7 | Komposisi bahan kimia untuk membuat air laut kadar garam 5 permill | 371 |
| 7.8 | Komposisi bahan kimia untuk membuat air laut kadar garam 30 permill | 372 |
| 7.9 | Ukuran badan dan nilai kalori rotifer | 383 |
| 7.10 | Kandungan komposisi beberapa bahan bioenkapsulasi | 398 |
| 8.1 | Bahan ekstrak dari tumbuh-tumbuhan serta dosisnya | 402 |
| 8.2 | Obat dan bahan kimia yang digunakan pengobatan penyakit ikan | 443 |

ISBN 978-602-8320-19-1
ISBN 978-602-8320-21-4

Buku ini telah dinilai oleh Badan Standar Nasional Pendidikan (BSNP) dan telah dinyatakan layak sebagai buku teks pelajaran berdasarkan Peraturan Menteri Pendidikan Nasional Nomor 45 Tahun 2008 tanggal 15 Agustus 2008 tentang Penetapan Buku Teks Pelajaran yang Memenuhi Syarat Kelayakan untuk digunakan dalam Proses Pembelajaran.

HET (Harga Eceran Tertinggi) Rp. 15,466,00

Di unduh dari : Bukupaket.com