

MILIK NEGARA
TIDAK DIPERDAGANGKAN



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

untuk SMK

Gusrina

BUDI DAYA 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

BUDI DAYA IKAN

JILID 2

Untuk SMK

Penulis : Gusrina
Perancang Kulit : Tim

Ukuran Buku : 17,6 x 25 cm

GUS GUSRINA

b Budi Daya Ikan Jilid 1 untuk SMK /oleh Gusrina — Jakarta
: Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan, Direktorat
Jenderal Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah, Departemen
Pendidikan Nasional, 2008.

vi. 162 hlm

Daftar Pustaka : 377–384

Glosarium : 385–394

ISBN : 978-602-8320-19-1

ISBN : 978-602-8320-21-4

Diperbanyak oleh:



PT. MACANAN JAYA CEMERLANG

Jalan Ki Hajar Dewantoro Klaten Utara,
Klaten 57438, PO Box 181
Telp. (0272) 322440, Fax. (0272) 322603
E-mail: macanan@ygy.centrin.net.id

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 kehadiran 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 didapatkan 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 Budi Daya 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 budi daya ikan saat ini belum banyak dibuat, yang beredar saat ini kebanyakan buku-buku praktis tentang beberapa komoditas budi daya ikan. Buku Budi Daya Ikan secara menyeluruh yang beredar di masyarakat 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.

Untuk memudahkan pembaca dalam mempelajari isi buku, maka buku *Budi Daya Ikan* ini kami susun menjadi 3 (tiga) jilid.

Dengan melakukan budi daya 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 budi daya ikan. Bab pertama berisi tentang wadah budi daya ikan, bab kedua berisi tentang media budi daya 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 budi daya 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 budi daya 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 rahmat-Nya sehingga dapat menyelesaikan penulisan buku ini di hadapan 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. Kami mohon saran dan masukan yang membangun karena keterbatasan yang dimiliki oleh penyusun.

Penyusun

DAFTAR ISI

KATA SAMBUTAN	iii
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
BAB V NUTRISI IKAN	233
5.1 Energi	233
5.2 Protein	237
5.3 Karbohidrat	250
5.4 Lipid	257
5.5 Vitamin	265
5.6 Mineral	294
BAB VI TEKNOLOGI PAKAN BUATAN	303
6.1 Jenis-Jenis Bahan Baku	306
6.2 Penyusunan Formulasi Pakan	315
6.3 Prosedur Pembuatan Pakan	334
6.4 Uji Coba Pakan Ikan	343
6.5 Manajemen Pemberian Pakan	361
6.6 Pakan dan Kualitas Air	369
LAMPIRAN A DAFTAR PUSTAKA	375
LAMPIRAN B GLOSARIUM	383

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 objektivitas 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 ke dalam 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 167 sebagai organisme yang berhubungan dengan air membutuhkan makanan untuk menyediakan energi yang mereka perlukan. Energi bagi makhluk hidup berasal dari makanan. Makanan ini akan diubah menjadi energi kimia dan disimpan dalam tubuh dalam bentuk Adenosin Tri Phosphat (ATP). Dengan adanya energi ini dapat meng-

ubah energi kinetik dari suatu reaksi metabolisme yang menimbulkan kerja dan panas.

Pada ikan sumber energi diperoleh dari pakan, di mana pada pakan ikan ini mengandung zat gizi/nutrien yang berasal dari karbohidrat, lemak dan protein dan dapat terukur secara langsung atas pertolongan bom kalorimeter. Energi diperlukan untuk melakukan pekerjaan mekanis (aktivitas otot), pekerjaan kimia (proses kimia yang berlangsung dalam tubuh), kerja elektrik (aktivitas saraf), dan pekerjaan osmotik (memelihara badan untuk menjaga keseimbangan satu sama lain dan dengan medium air tawar, payau, atau air laut di mana organisme air itu hidup). Energi yang diperoleh oleh makhluk hidup ini dapat menimbulkan panas di mana 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

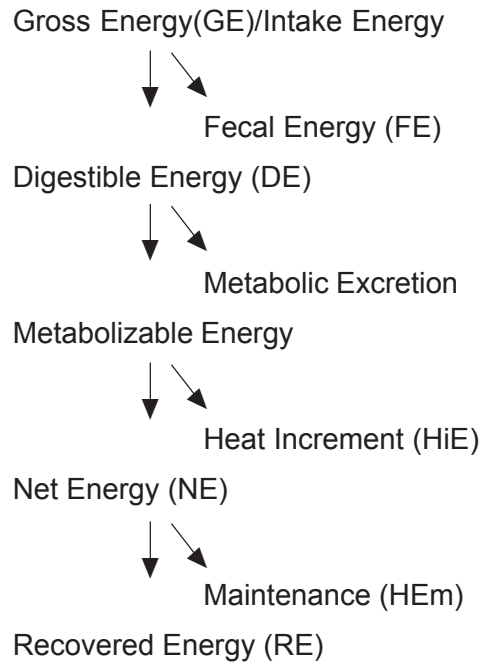
(kkal) atau kilojoule (kJ). Satu kilokalori adalah jumlah panas yang diperlukan untuk menaikkan temperatur satu gram air dari 14,5° C menjadi 15,5° C (dalam air 1° C). Joule adalah satuan tenaga listrik dalam sistem metrik dan satu kkal sama dengan 4.184 kJ. Sebagai contoh, 70 kkal sama dengan 293.02 kJ atau dapat juga menggunakan satuan British Thermal Unit (BTU) di mana 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 budi daya 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 di dalam tubuh ikan ini dibagi lagi menjadi dua yang akan dipergunakan untuk kegiatan 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 budi daya. 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 budi daya sangat dipengaruhi oleh jenis ikan, umur ikan, komposisi pakan, tingkat reproduksi, dan tingkat metabolisme standar.

Energi di dalam 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 9,4 kkal/g dan untuk satu gram karbohidrat 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 budi daya 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	29

Berdasarkan data dari tabel tersebut di atas maka dapat diambil suatu kesimpulan bahwa setiap jenis ikan mempunyai daya cerna yang berbeda pada nutrisi yang dikonsumsi. 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 makromolekul 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 di dalam sel hidup dan merupakan 50% atau lebih berat kering sel. Protein dalam setiap sel makhluk hidup tersimpan dalam jaringan organ dan sebagai komponen utama jaringan tubuh ikan. Nutrient ini diperlukan untuk per-

tumbuhan 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 esensial sebanyak 10 macam merupakan asam amino yang sangat dibutuhkan oleh tubuh tetapi tubuh ikan tidak dapat mensintesisnya, dan asam amino nonessensial 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 esensial dan asam amino nonessensial; 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 budi daya.

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 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 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.

Pengelompokan protein lainnya adalah diklasifikasikan berdasarkan pada sifat fisis atau disebut juga ke dalam 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 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 nonprotein. 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 ke dalam golongan ini terdiri dari protein primer misalnya protean dan protein sekunder misalnya protease, pepton, dan peptida.

Pengelompokan protein yang ketiga adalah pengelompokan 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 kwarterner.

- **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 misal-

nya 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 zig-zag dan tidak ada ikatan hidrogen dalam rantai polypeptida yang berdekatan. Gugus R mengarah keluar dari struktur zig-zag. Pada struktur ini tidak dijumpai jembatan disulfida di antara rantai bersisihan dan rantai polipeptida yang berdekatan biasanya mempunyai arah yang berlawanan atau bersifat antipararel.

- **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 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 $-\text{NH}_2$ atau suatu kelompok amino yang merupakan bahan dasar alami dan asam datang dari perbandingan $-\text{COOH}$ 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 pengelompokannya dibagi menjadi dua yaitu asam amino esensial 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 digolongkan menjadi asam amino essensial dan asam amino nonessensial. 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 nonesensial 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) sebagai berikut.

1. Asam amino alifatik
 - Basic terdiri dari: arginine dan lysin.
 - Acidic terdiri dari: asam aspartic dan asam glutamic.
 - Netral terdiri dari: leocin, 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, isoleusin, leusin, 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, 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 kesepuluh asam amino esensial.

Asam Amino Nonessential

Asam amino nonessential yang dibutuhkan untuk ikan adalah: alanine, asparagine, asam aspartat, cystin, asam glutamat, glutamin, glycin, prolin, serin, dan tyrosin. Asam amino nonessential 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 memberi-

kan medium asam yang dapat mengaktivasi 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 ke dalam 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 amonitilik.

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 kedua 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 menyulurkan 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. Guanosin 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 diekskresikan ke urin sebagai garam amonium (NH_4^+).
- Amonia dengan karbon dioksida 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 mengekskresikan urea untuk menghemat air.

Kebutuhan Asam Amino Essensial dalam Pakan Ikan

Pakan ikan sangat dibutuhkan bagi ikan yang dibudidayakan dalam suatu wadah budi daya. Fungsi utama pakan ini sebagai penyedia energi bagi aktivitas 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 aminonya 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 nutrisi 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 kelanjut 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 nonesensial. 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 nonesensial 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 ($-\text{COOH}$) dan amina ($-\text{NH}_2$) yang dimiliki protein. Asam amino dan

dipeptida dapat masuk ke dalam aliran darah dengan cara transpot 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 skore asam amino. Adapun yang dimaksud dengan asam amino esensial pembatas adalah asam amino esensial yang mempunyai presentase 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 nonesensial. Kebutuhan setiap jenis ikan terhadap asam amino esensial dan nonesensial berbeda-beda, sehingga perlu dipertimbangkan adanya keseimbangan antara asam-asam amino esensial dan nonesensial 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. Di samping 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 (*nonessensial*) 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 (*nonessensial*) 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 esensial 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 peng-uapan dari pakan tersebut. Ketidak-seimbangan asam amino kaitannya dengan asam amino yang saling bertentangan atau asam amino yang ber-

bahaya 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 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 budi daya 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 Essensial 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
Cattle	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 di atas diperoleh dengan cara melakukan penelitian. Menurut Millamena (2002) ada dua metode yang digunakan untuk menentukan apakah suatu asam

amino tersebut termasuk dalam kelompok asam amino esensial dan nonessential yaitu:

- Metode pertumbuhan
- Metode radio isotop

Metode 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 penyidik 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 aktivitas.

Evaluasi Kualitas Protein

Protein yang terdapat dalam suatu bahan pakan dapat dikatakan bermutu jika memberikan pertumbuhan positif pada

ikan budi daya 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 di mana metode biologi lebih akurat dibanding metode kimia. Menurut Millamena (2002) perhitungan Protein Effisiensi ratio (PER), nilai biologi (BV) dan kebutuhan protein bersih (NPU) sebagai berikut.

Perbandingan Efisiensi Protein (PER)

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

Nilai Biologi (BV)

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

Di mana:

- R = Nitrogen yang digunakan
- A = Nitrogen yang diserap

Dan:

$$\begin{aligned} A &= I - (F - F_0) \\ R &= A - (U - U_0) \end{aligned}$$

Di mana:

- I = Nitrogen yang diambil
- F = Nitrogen dalam feses
- F₀ = Metabolisme nitrogen dalam feses
- U = Nitrogen yang keluar bersama urine
- U₀ = Endogeneous nitrogen

$$BV = \frac{R}{A} \times 100 \frac{I - (F - F_0) - (U - U_0)}{I - (F - F_0)} \times 100$$

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

Penggunaan Protein Bersih

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

Di mana:

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 di dalam 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 di dalam sel dan jaringan. Protein yang dibutuhkan ikan bersumber dari berbagai macam bahan di mana 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 budi daya 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 Budi Daya (Millamena, 2002) Jenis Ikan

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	$\frac{3}{4}$ 55
Milk Fish	Fish meal, casein	xt0
Red sea bream	Casein, gelatin	30–40
Snake head	Fish meal, soybean dan cassava meal	24
Red snapper	Casein	55
Tiger shrimp	Fish meal	52
	Fish meal, soybean, squid meal	44
	Casein	40
	Fish meal, soybean, shrimp meal	40
	Fish meal, casein	30
Nile Tilapia	Fish meal	28
	Fish meal, mussel meal, collagen	34–42
White shrimp	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 telur utuh, kasein, kombinasi kasein, dan agar-agar. Beberapa faktor yang mempengaruhi kebutuhan protein untuk pertumbuhan ikan yang maksimum antara lain 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 di perairan tropis dan air tawar biasanya lebih mampu memanfaatkan karbohidrat daripada ikan yang hidup di perairan 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, di mana 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 di mana 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 monosakarida, 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 hemisellulosa 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 mannanosa 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 di dalam sel dan masuk ke dalam darah dan akan dikatabolisme dalam proses glikolisis. Rumus empiris glukosa $C_6H_{12}O_6$. 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 di dalam 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 $C_5H_{10}O_5$. 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 pengaturannya 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 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 di dalam 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. Di dalam 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 polysocoharida 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 di bagian lambung. Pencernaan karbohidrat secara intensif terjadi di segmen 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 ke dalam pembuluh darah.

Ikan tidak memiliki enzim pencernaan karbohidrat yang memadai di dalam saluran pencernaannya, sehingga nilai pencernaan 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 pencernaan karbohidrat ini sangat dipengaruhi oleh sumber dan kadar karbohidrat dalam pakan serta jenis dan ukuran ikan. Nilai pencernaan beberapa sumber karbohidrat oleh beberapa ikan budi daya dapat dilihat pada Tabel 5.7 Karbohidrat yang berstruktur kompleks memiliki nilai pencernaan yang rendah daripada karbohidrat yang

berstruktur sederhana. Perbedaan sumber pati juga dapat menyebabkan perbedaan nilai pencernaan karbohidrat dan bergantung juga pada rasio amilosa/amilopektin. Di mana 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 di mana 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 Kecernaan Karbohidrat Berdasarkan Kadar dan Sumbernya oleh Beberapa Ikan Budi Daya (Wilson, 1994)

Jenis Ikan	Sumber	Kadar Karbohidrat Pakan (%)	Nilai Kecernaan (%)
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
	Glukosa	20–60	99–100
Sukrosa	20–60	99–100	
Laktosa	20–60	94–97	
Channel catfish	Tepung jagung tidak dikukus	12,5	72,8
		25	60,9
		50	55,1
Mas	Tepung jagung dikukus	12,5	83,1
		25	78,3
	Tepung ubi tidak kukus	50	66,5
		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 (karbo-

hidrat 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 budi daya 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 nutrisi (protein, lemak, dan karbohidrat). Pakan yang mengandung karbohidrat terlalu tinggi dapat menyebabkan menurunnya pertumbuhan ikan budi daya. 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 budi daya 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 Budi Daya

Jenis Ikan	Karbohidrat Pakan (%)	Sumber Karbohidrat	Reference
Ekor kuning	10	Dekstrin	Shimeno et al (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 et al (1996)
Tilapia	40	Dekstrin	Wilson (1994), Shimeno et al (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 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 pendahuluan pada steroid hormon dan prostaglandin.

Klasifikasi Lipid

Berdasarkan struktur molekulnya lipid dapat diklasifikasikan ke dalam tiga kelompok yaitu:

- Lipid sederhana, kelompok ini disebut juga dengan nama homolipida yaitu suatu bentuk ester yang mengandung karbon, hidrogen, dan oksigen, jika dihidrolisis. Lipid yang termasuk ke dalam 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.

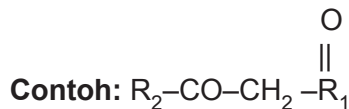
- Lipid kompleks, kelompok ini berupa ester asam lemak dengan alkohol yang mengandung gugus lain. Lipid kompleks dibagi menjadi tiga golongan yaitu:
 - Fosfolipid: kelompok lipid yang selain asam lemak dan alkohol, juga mengandung residu asam fosfat. Lemak ini sering mempunyai basa yang mengandung nitrogen 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 aminolipid, dan lipoprotein.
- Prekursor dan derivat lipid: asam lemak, gliserol, steroid, senyawa alkohol di samping gliserol serta sterol, aldehyd 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 triglycerides, waxes merupakan sumber energi yang disimpan dalam tumbuhan dan binatang dan bertindak melindungi mantel. Waxes padat pada temperatur lingkungan.

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



Beberapa ester, $R_2-CH_2-O-CH_2-R_1$

- **Steroids** adalah rantai panjang alkohol 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 alkohol sphingosine. Lipid ini merupakan lipid komponen otak dan jaringan syaraf pertumbuhan pada binatang.

Fungsi Umum dari Lipid

Fungsi umum sebagai berikut.

- 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 docosahexaenoic (DHA) adalah asam lemak esensial yang sangat penting di dalam pakan ikan dan krustasea.
- Komponen seluler 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 $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_n\text{COOH}$, di mana: n variasi dari 0 sampai ke 24 dan pada umumnya suatu bilangan genap. Asam lemak diberi suatu nama umum di samping formulasi bahan kimianya dan singkatan stenografi. Di dalam tata nama 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) di mana, 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 kuatitatif 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), butirat (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 di dalam kurung merupakan jumlah atom Carbon yang terdapat pada unsur asal lemak. Pada asam lemak tidak jenuh dapat dikelompokkan ke dalam enam kelompok berdasarkan jumlah ikatan rangkapnya yaitu:

- Satu ikatan rangkap disebut dengan monoat, antara lain 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 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 arakidonat/ ω_6 (20 : 4; 5.8.11.14).
- Lima ikatan rangkap disebut asam pentanoat, antara lain Timnodonat/ ω_3 (20 : 5 ; 5.8.11.14.17) dan Klupanononat/ ω_3 (22 : 5; 7.10.13.16.19).
- Enam ikatan rangkap disebut dengan asam Heksanoat antara lain Servoat/ ω_3 (22 : 6; 4.7.10.13.16.19)

Dari pengklasifikasian asam lemak tersebut di atas dapat dilihat dari penulisan angka-angka di belakang koma, urutan pertama menyatakan banyaknya jumlah atom Carbon, urutan kedua banyaknya ikatan rangkap pada unsur asam lemak,

sedangkan pada urutan terakhir letak/ lokasi ikatan rangkap terdapat pada rantai Carbon ke berapa, 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 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 jelasnya dapat dilihat pada Tabel 5.9 dan Tabel 5.10.

Tabel 5.9 Nama Umum Asam Lemak

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

Tabel 5.10 Kelompok Asam Lemak Unsaturated/Tidak Jenuh (Millemena, 2002) Klas Keluarga Notasi Singkat Rumus Bangun

Klas	Keluarga	Notasi Singkat	Rumus Bangun
$n-9$	Oleat	18 : 1 $n-9$ 20 : 1 $n-9$	$\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_7-\text{CH}=\text{CH}-(\text{CH}_2)_7-\text{COOH}$
$n-6$	Linoleat	18 : 2 $n-6$ 18 : 3 $n-6$ 20 : 3 $n-6$ 20 : 4 $n-6$ 22 : 4 $n-6$	$\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_4-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}-(\text{CH}_2)_7-\text{COOH}$
$n-3$	Linolenat	18 : 3 $n-3$ 20 : 5 $n-3$ 22 : 5 $n-3$	$\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}-(\text{CH}_2)_7-\text{COOH}$

Kebutuhan Asam Lemak pada Ikan

Asam lemak yang dibutuhkan untuk pertumbuhan dan perkembangan ikan budi daya 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 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	8 : 3 ω_3 18 : 3 ω_3 18 : 3 ω_3 ω_3 HUFA	1 0,8 20 % dari lipid 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 ω_3 HUFA	1 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 esensialnya. 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 budi daya adalah asam linolenat (18 : 3 n-3), asam linoleat (18 : 2 n-6), asam eicosapentaenoat (EPA, 20 : 5 n-3) dan asam docosahe-xaenoat (DHA, 22 : 6 n-3). Kekurangan asam lemak esensial pada komposisi pakan ikan dapat menyebabkan penurunan pertumbuhan dan kondisi kekurangan asam lemak esensial dalam waktu yang berkepanjangan akan menyebabkan kematian ikan budi daya. Asam lemak esensial (EFA) kebutuhan sangat berbeda antara satu jenis ikan dengan jenis ikan yang lainnya seperti telah dijelaskan pada Tabel di atas. Pada jenis ikan rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*)

memerlukan sekitar 1% 18 : 3 n-3 dalam pakannya kombinasi 18 : 3n -3 dan 18 : 2 n-6 dalam berbagai proporsi tidak meningkatkan laju pertumbuhan atau konversi pakan ikan laut. Pada ikan karper (*Cyprinus carpio*), salah satu jenis ikan budi daya air tawar yang paling lama dibudidayakan di dunia memerlukan jenis asam lemak dari kelompok kedua-duanya yaitu: 18 : 2 n-6 dan 18 : 3 n-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 : 2 n-6 dan 1% 18 : 3 n-3 pada ikan belut (*Anguilla japonica*). Pada ikan budi daya air panas yang lain, membutuhkan antara 18 : 2 n-6 dan 18 : 3 n-3, tetapi pada level 0,5%. Pada ikan Herbivora di daerah 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 : 2 n-6 atau 20 : 4 n-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 major*), dan ikan buntut kuning (*Seriola quinquerodiat*). Kebutuhan asam lemak polyunsaturated rantai yang panjang harus diberikan untuk menambah atom karbon atau melepas hidrogen dari pakan, sebagian besar ikan air laut air di perairan dingin membutuhkan asam lemak n-3 (Millamena, 2002).

Penelitian tentang asam lemak esensial dibutuhkan untuk ikan air panas dan spesies ikan di phina menunjukkan bahwa beberapa spesies membutuhkan asam lemak antara n-3 dan n-6, sementara lainnya hanya n-3. Pada ikan bandeng yang dibudidayakan pada air laut dibutuhkan n-3 HUFA dan pertumbuhan yang terbaik didapatkan dengan menggunakan 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 PUFA-nya 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 budi daya. Hal ini dikarenakan lemak pakan yang tidak mengandung EFA akan 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 di dalam 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 triaslglycerol menjadi 2-monoasilglyserol dan asam

lemak bebas. Hidrolisis 2-monoasilglyserol selanjutnya akan membentuk glyserol 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 di dalam mukosa usus halus. Monogliserida dan asam lemak yang tidak larut diemulsi dan dilarutkan membentuk kompleks koloid yaitu misel yang masuk ke dalam 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 ke dalam sistem lipatik dan selanjutnya lewat melalui kantong toracic 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 1.000) dengan komposisi dan fungsi yang beragam yang sangat penting bagi kehidupan tetapi tidak dapat disintesis oleh tubuh. Vitamin termasuk ke dalam komponen pelengkap yang mana ke-

hadirannya dalam makanan sangat diperlukan untuk 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 jenis dan ukuran ikan, laju pertumbuhan, komposisi pakan, kondisi fisiologis ikan, serta lingkungan perairan di mana 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 poliiisoprenoid yang mengandung cincin sikloheksanil. Di dalam 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, 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:

$$1\text{RE} = 1 \text{ ug retinol (3,33 IU)} = 6 \text{ ug } \beta\text{-karoten (10 IU)} = 12 \text{ ug karotenoid (10 IU)}.$$

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 > 20.000 ug/100 g)	Sedang (RE 1.000 > 20.000 ug/100 g)	Rendah (RE 1.000 ug/100 g)
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 budi daya 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 Budi Daya (Tacon, 1987 dan 1991)

Jenis Ikan	Status Pemeliharaan/ Wadah/Vitamin	Kebutuhan	Referensi
Ikan Mas (<i>Cyprinus carpio</i>)	Dalam ruangan/ tangki/bahan murni	4.000–20.000IU/kg	Aoe dkk, 1968
Channel catfish (<i>Ictalurus punctatus</i>)	Dalam ruangan/ tangki/bahan murni	1.000–2.000 IU/kg	Dupre, 1970
Channel catfish (<i>Ictalurus punctatus</i>)	Dalam ruangan/ tangki/bahan murni	2.000–2.500 IU/kg	Halver,1972
Rainbow trout	–	2.500–5.000 IU/kg	Halver, 1972
Rainbow trout	–	2.000–2.500 IU/kg	Kitamura,1967
Salmon	Dalam ruangan/ tangki/bahan murni	R	Halver, 1972
Ikan Guppy	–	2.000–4.000 IU/kg	Shim & Tan, 1989

Tabel 5.15 Kekurangan Vitamin A pada Beberapa Jenis Ikan (Tacon 1987 dan 1991)

Jenis Ikan	Contoh
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 mem-

berikan dampak keracunan. Dampak keracunan vitamin A ini dapat dilihat dari gejala-gejalanya antara lain 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 di antaranya 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 sinar matahari. Kedua vitamin tersebut merupakan kristal putih yang dibentuk dari proses irradiasi senyawa sterol yang kemudian diikuti dengan proses pemurnian. Vitamin D disebut juga vitamin antirachitis (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 dehidrokolestrol.

Vitamin D di dalam tubuh aktivitasnya dapat dibagi ke dalam 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 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 budi daya juga bervariasi menurut jenis ikannya Tabel 5.16.

Tabel 5.16 Kebutuhan Vitamin D pada Beberapa Jenis Ikan Budi Daya (Tacon, 1987 dan 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	1.000 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>)	–	1.600–2.400IU/kg	Barnet, 1979
Penaeid (<i>Penaeus japonicus</i>)	Dalam ruangan / tangki / bahan murni	R	Kanazawa, 1983

Kekurangan vitamin D pada ikan budi daya 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 bengkak tulang belakang kaki sehingga berbentuk O pada anak-anak.
- Tetani, suatu gejala ditandai bengkaknya pergelangan tangan dan sendi akibat rendahnya kalsium dalam serum karena menurun. Kekurangan vitamin D 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: 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 mengandung 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 budi daya 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, dan 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 pertambahan 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 Budi Daya (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 konsem tentang pemberian vitamin E pada ikan budi daya tersebut memperlihatkan bahwa vitamin E ini benar-benar sangat dibutuhkan oleh ikan budi daya untuk meningkatkan laju pertumbuhan dan seperti juga pada manusia vitamin E dapat meningkatkan kesuburan dan ternyata pada ikan budi daya juga memberikan dampak yang positif terhadap proses percepatan organ reproduksi yang dapat meningkatkan masa reproduksi ikan budi daya. 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 Budi Daya (Tacon, 1991)

Jenis Ikan	Gejala
Ikan mas (<i>Cyprinus carpio</i>) Salmon	Penyakit otot, mortalitas meningkat, exophthalmia. 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>) Tilapia (<i>Oreochromis niloticus</i>)	Survival dan pertumbuhan menurun. 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 neddles). 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 budi daya 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 pertambahan berat badan. Selain itu,

kekurangan vitamin K pada ikan budi daya 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 karbon dioksida) dalam reaksi enzim multiplek. 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. Di dalam tubuh tiamin tidak dapat disimpan dalam jumlah banyak, oleh karena itu kelebihan tiamin di dalam 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 vitamin dalam pakan tidak mencukupi jumlah tiamin yang berbeda dalam maka akan menyebabkan gejala-gejala komposisi pakan. Apabila kandungan penyakit seperti pada Tabel 5.21.

Tabel 5.21 Tanda-Tanda Kekurangan Tiamin pada Ikan Budi Daya (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 <i>et al</i> , 1974 Phillips & Brockway, 1975, Halver 1957, Kitamura <i>et al</i> , 1967
Common carp (<i>Cyprinus carpio</i>)	Pendarahan pada sirip, kegugupan memucatnya warna tubuh, nafsu makan berkurang, pertumbuhan lambat.	Aoe <i>et al</i> , 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 <i>et al</i> , 1972 Hashimoto <i>et al</i> , 1972
Tilapia (<i>Oreochromis sp</i>)	Nafsu makan berkurang, warna kulit menjadi muda, gangguan syaraf, efisiensi pakan dan pertumbuhan rendah, hematocrit rendah.	Lim <i>et al</i> , 1991
Asian seabass (<i>Lates calcarifer</i>)	Nafsu makan berkurang, pewarnaan kulit menjadi gelap, pertumbuhan lambat, kematian yang diakibatkan setelah penanganan.	Booyaratpalin & Wanakawat, 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 di dalam 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 di mana 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 218

Tabel 5.23 Tanda-Tanda Kekurangan Riboflavin pada Ikan Budi Daya (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 <i>et al</i> , 1974 Philips & Brockway, 1975, Halver 1957, Kitamura <i>et al</i> , 1967, Poston <i>et al</i> , 1977, Takeuchi <i>et al</i> , 1980, Hughes <i>et al</i> , 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 daging dan produk susu, bayam, asparagus, dan brokoli. Riboflavin tidak stabil jika terkena panas dan cahaya, di mana 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 metabolisme protein ada enam reaksi yang memerlukan vitamin B6 yaitu reaksi transaminasi, reaksi decarboksilasi, reaksi dehidrasi, reaksi desulphurasi, reaksi racemisasi, reaksi cleavage, reaksi kondensasi, reaksi aldolase, serta reaksi-reaksi lainnya.

Piridoksin didalam usus diubah ke dalam bentuk piridoksal fosfat dan piridoksamin fosfat. Metabolisme piridoksin dimulai sejak vitamin ini masuk ke dalam organ atau jaringan tubuh dan akan diubah menjadi piridoksal fosfat dan piridoksamin fosfat sampai dikeluarkan lagi ke dalam berbagai bentuk untuk digunakan oleh jaringan lain atau dieksresikan. Transportasi vitamin ini di dalam 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 <i>et al</i> , 1979
Atlantik salmon (<i>Salmo salar</i>)	10–15	Halver, 1980
Red sea bream (<i>C. major</i>)	5–6	Takeda & Yone, 1971
Glithhead bream (<i>Sparus auratus</i>)	1,25	Kissil <i>et al</i> , 1981
Asean seabass (<i>Lates calcarifer</i>)	5–10	Wanakowat <i>et al</i> , 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 Budi Daya (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 <i>et al</i> , 1974 Philips & Brockway, 1975, Poston <i>et al</i> , 1977, Takeuchi <i>et al</i> , 1980, Hughes <i>et al</i> , 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
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

Jenis Ikan	Tanda-Tanda	Referensi
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 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 di dalam 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 Budi Daya (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,
Common carp (<i>Cyprinus carpio</i>)	Nafsu makan menurun, pertumbuhan menurun, pergerakan sangat lambat, kurang darah, pendarahan pada kulit, exophthalmia.	Matsumoto <i>et al</i> , 1991, Ogino, 1967
Channel catfish (<i>Ictalurus punctatus</i>)	Nafsu makan menurun, pertumbuhan menurun, pengikisan pada kulit, kurang darah.	Dupree, 1966, Murai & Andrew, 1978
Red sea bream (<i>C. major</i>)	Pertumbuhan menurun, kematian tinggi.	Yone, 1975, Yano <i>et al</i> , 1988
Eel (<i>Anguila japonica</i>)	Pertumbuhan lambat, berenang tidak normal, luka pada kulit.	Arai <i>et al</i> , 1972
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 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 karbon dioksida 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 Budi Daya (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, hypersinsitiifity.	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 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, dan 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 monoglutamat. 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 Budi Daya (Tacon, 1991)

Jenis Ikan	Tanda-Tanda	Referensi
Salmonids	Kurang darah, pertumbuhan lambat, nafsu makan menurun, pewarnaan gelap, insang pucat, exophthalmia.	McLaren <i>et al</i> , 1947, Philips & Brockway, 1957, Kitamura <i>et al</i> , 1967, Coat & Halver, 1958
Eel (<i>Anguila japonica</i>)	Nafsu makan menurun, pertumbuhan lambat, pewarnaan gelap.	Arai <i>et al</i> , 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 <i>et al</i> , 1985
Shrimp (<i>P. japonicus</i>)	Penurunan kelangsungan hidup larva.	Kanazawa, 1985

Sumber bahan pakan yang banyak mengandung asam folat antara lain tepung ikan laut, susu, sayuran berdaun hijau tua, bunga kobis, kacang-kacangan, dan 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 di tengah 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 methyl-malonyl CoA dan akan dikeluarkan lewat urin dan disebut methyl-malonic aciduria.

Kebutuhan ikan akan vitamin B12 ini berbeda-beda seperti yang telah di-

rangkum 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 Budi Daya (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 lamba.	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 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>)	150–200	Halver, 1972
Chinok salmon (<i>O. tshawytscha</i>)	150	Halver, 1972
Coho salmon (<i>Oncorhynchus kisutch</i>)	200	Halver, 1972
Shrimp (<i>P. japonicus</i>) larva	400	Kanazawa, 1985

Tabel 5.35 Tanda-Tanda Kekurangan Niasin pada Ikan Budi Daya (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 <i>et al</i> , 1947, Philips & Brockway, 1957
Common carp (<i>Cyprinus carpio</i>)		Kitamura <i>et al</i> , 1967, Coat & Halver, 1958, Poston & Wolfe, 1985
Channel catfish (<i>Ictalurus punctatus</i>)	Pendarahan pada kulit, kematian tinggi.	Aoe, <i>et al</i> , 1966
Red sea bream	Pendarahan dan luka pada kulit dan sirip, kurang darah, exophthalmia, kematian tinggi.	Dupree, 1966, Murai & Andrew, 1979
Eel (<i>Anguila japonica</i>)	Pertumbuhan lambat.	Yone, 1975
Ikan lele (<i>Clarias batracus</i>)	Pendarahan dan luka pada kulit, penurunan pertumbuhan, ataxia, pewarnaan gelap.	Arai <i>et al</i> , 1972
Shrimp (<i>P. japonicus</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
	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 Budi Daya (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 Eel	Pertumbuhan menurun.	Yone, 1975
(<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 tepung ikan, ragi bir kering, dan benih gandum.

Kolin

Kolin adalah basa ammonium ber-valensi empat dan tersebar luas dia alam, produk degradasinya seperti betain (garam karboksimetiltrimetilammonium hidroksida). Menurut Halver (1988) peran dan fungsi dari kolin antara lain 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 Budi Daya (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

Jenis Ikan	Tanda-Tanda	Referensi
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.	Ka nazawa <i>et al</i> , 1976, Kanazawa, 1985

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

Vitamin C (Asam Askorbat)

Vitamin C atau asam korbant 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). Di mana kolagen ini terdiri dari hidroksi prolin dan hidroksiprolin. Bersama-sama dengan ATP dan $MgCl_2$ 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 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>)	1250	Lovell & Naggar, 1989
Nile tilapia (<i>Oreochromis niloticus</i>)	100–150	Soliman <i>et al</i> , 1986
Rainbow trout (<i>Salmo gairdneri</i>)	40	Halver, 1972
Rainbow trout (<i>Salmo gairdneri</i>)	50	Hilton <i>et al</i> , 1978
Rainbow trout (<i>Salmo gairdneri</i>)	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. quinquerediata</i>)	30	Kanazawa <i>et al</i> , in press
Asean sea bass (<i>Lates calcarifer</i>)	700–1100	Boonyaratpalin <i>et al</i> , 1989
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 Budi Daya (Tacon, 1991)

Jenis Ikan	Tanda-Tanda	Referensi
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.
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

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

Sumber bahan pakan yang banyak mengandung vitamin C antara lain 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 di atas.

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 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 sebagai berikut.

- 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 esensial 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 kalsium (Ca), Magnesium (Mg), Sodium (Na), Potassium (K), fosfor (P), Chlorine (Cl), dan Sulfur (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.

Kalsium (Ca)

Kalsium merupakan unsur mineral makro yang di dalam tubuh disimpan pada tulang, gigi dan sebagian besar pada kulit dan kerangka tubuh. Peranan dan fungsi kalsium di dalam tubuh antara lain sebagai komponen utama pembentuk tulang, gigi, kulit serta sisik dan memelihara ketegaran kerangka tubuh, mengentalkan 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 aluminium 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.

Fosfor (P)

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

Fosfor 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 fosfor 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 penambahan 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 penambahan 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 meningkatkan 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 bertanggung jawab 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.

Klorin (Cl)

Klorin 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 ke dalam tubuh ikan. Selain itu ikan air laut bisa melakukan dengan cara memompa melalui insang epithelium pada kondisi medium hipertonik. 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 kelebihannya 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 nonheme. Zat besi heme ditemukan dalam bentuk hemoglobin dan zat besi nonheme dalam otot yang disebut myoglobin.

Fungsi dan peranan zat besi dalam tubuh ikan antara lain:

- 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 dehidrogenase.

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 sp.</i>)	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 kedalam 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 usi, 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 sp.</i>)	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 esensial dari enzim piruvate carboxylase, sebagai kofaktor atau komponen kunci dari beberapa sistem enzim, mangan esensial 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 essential 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 microflora 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 kekurangan dan 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 (Tetraiodothyronine/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 (Tetraiodothyronine/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 per-

tumbuhan 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 berikut.

- 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 budi daya. 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 sebagai berikut.

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

7. Bentuk pelet 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 pelet bervariasi dari ukuran bukaan mulut lebih dari 2 mm maka ukuran pelet yang dibuat biasanya 50%nya yaitu 1 mm. Bentuk pelet 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 sebagai berikut.

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 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 pembersaran.

3. Pakan kering yaitu pakan yang mengandung air kurang dari 10%. Jenis pakan ini yang biasa digunakan pada budi daya 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 budi daya 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 kontribusinya dalam menghasilkan penambahan berat badan dapat dikelompokkan menjadi dua yaitu:

1. *Supplementary Feed*/pakan suplemen yaitu pakan yang dalam kontribusinya 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 kontribusinya menghasilkan penambahan berat badan lebih dari 50%. Jenis pakan ini biasanya adalah pakan kering dengan berbagai bentuk di mana 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 budi daya 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 meng-

konsumsinya. 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 ikandan 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 dalam, 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>Osphryonemus gourami</i>) Bandeng (<i>Chanos chanos</i>) Perch (<i>Perca sp.</i>) Rabbit fish/beronang (<i>Siganus guttatus</i>) Tilapia (<i>Oreochromis sp.</i>) 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 sp.</i>) Atlantic salmon (<i>Salmo salar</i>) Pacific salmon (<i>Oncorhynchus spp</i>) 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:

- 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 Aquamix, Rajamix, P fizer Premix A, P frizer Premix B, Top Mix, dan 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.
 - Antioksidan harus efektif.
 - 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 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 agar-agar, gelatin, tepung kanji, tepung terigu, tepung maizena, *Carboxymethy Cellulose* (CMC), karageenan, dan asam alginat. Jumlah penggunaan bahan pengikat ini berkisar antara 5–10%.
- Asam amino essensial sintetis 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/sintetis ke dalam makanan ikan. Jenis asam amino essensial tersebut 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, di mana pada ikan hias yang dinikmati adalah keindahan warna tubuhnya sehingga dengan menambahkan pigmen tertentu ke dalam 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 sintetis 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.
- *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 sintetis antara lain terasi udang, kerang darah, glycine 2%, asam glutamate, cacing tanah, atau sukrosa.

- Hormon, adalah suatu bahan yang dikeluarkan oleh kelenjar endokrin dan ditransportasikan melalui pembuluh darah ke jaringan lain di mana 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, di mana pada pakan buatan tersebut ditambahkan hormon yang bertujuan untuk mempercepat tingkat kematangan gonad. Hormon yang digunakan kombinasi antara 17 α -metiltestoteron dan α -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	53,53
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 menit	8,64	88,03	1,92

Bagaimanakah anda melakukan penyiapan bahan baku yang akan digunakan untuk membuat pakan buatan? Apakah bahan baku itu? 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 alfalfa	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 kedelai 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 budi daya 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 Baku	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 kepiting	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 breewer	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 menyusun formulasi.

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

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, dan minyak ikan.
 - Nabati: jagung, biji kapas, kelapa, kelapa sawit, kacang tanah, dan 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 pelet 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:

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:

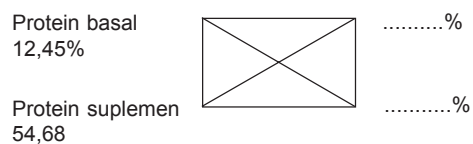
- Protein Basal, yaitu bahan baku pakan ikan, baik yang berasal dari nabati, hewani, dan limbah yang mempunyai kandungan protein kurang dari 20%.
- Protein Supplement, yaitu bahan baku pakan ikan, baik yang berasal dari nabati, hewani, dan limbah yang mempunyai kandungan protein lebih dari 20%.

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

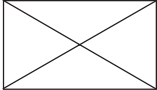
ikan ini tidak hanya dari satu sumber bahan saja tetapi menggunakan beberapa bahan baku dari sumber nabati, hewani atau limbah hasil pertanian. Misalnya kita akan membuat pakan ikan dengan kadar protein 35% dengan menggunakan bahan baku terdiri dari tepung ikan, dedak halus, tepung jagung, tepung terigu, dan tepung kedelai. Maka dengan menggunakan metode segiempat ini, tahapan yang harus dilakukan antara lain sebagai berikut.

- 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%, dan 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 di atas maka jumlah kadar protein basal dari ketiga bahan baku tersebut $15,58\% + 9,50\% + 12,27\% = 37,35\%$, kemudian nilai rata-rata bahan baku protein basal adalah $37,35\% : 3 = 12,45\%$. Sedangkan jumlah kadar protein suplemen dari dua bahan baku tersebut $62,99\% + 43,36\% = 109,35\%$, kemudian rata-rata bahan baku protein suplemen $109,35\% : 2 = 54,68\%$.

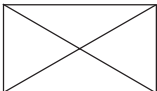
- Setelah bahan baku dikelompokkan menjadi dua bagian yaitu protein basal dan protein suplemen maka langkah selanjutnya membuat kotak segi empat. Pada bagian tengah kotak segi empat diletakkan nilai kandungan protein pakan yang akan dibuat. Pada bagian atas kiri segiempat diletakkan nilai rata-rata kandungan protein basal dan pada bagian bawah kiri segiempat diletakkan nilai rata-rata kandungan protein suplemen, lihat pada gambar di bawah ini!



- 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 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 $54,68\% - 35\% = 19,68\%$. 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 di bawah ini sebagai berikut.

Protein basal 12,45%		19,68%
Protein suplemen 54,68%		22,55%

- Setelah diperoleh nilai pada keempat sudut segiempat tersebut, langkah selanjutnya melakukan penjumlahan nilai pada bagian sisi sebelah kanan, maka dapat dilihat pada gambar segiempat di bawah ini.

Protein basal 12,45%		19,68%
Protein suplemen 54,68%		22,55%
		<hr style="width: 50px; margin-left: 0;"/> + 42,23%

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

$$\begin{aligned} \text{Protein basal} &= \frac{19,68\%}{42,23\%} \times 100\% \\ &= 46,60\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Protein suplemen} &= \frac{22,55\%}{42,23\%} \times 100\% \\ &= 53,40\% \end{aligned}$$

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

- Komposisi bahan baku yang berasal protein suplemen adalah:
Tepung ikan = 53,40% : 2
= 26,7%
Tepung kedelai = 53,40% : 2
= 26,7%

- Komposisi bahan baku yang berasal dari protein basal adalah:
Dedak halus = 46,60% : 3
= 15,53%
Tepung jagung = 46,60% : 3
= 15,53%
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.

$$\begin{aligned} \text{Tepung ikan } 26,7\% \times 62,99\% &= 16,82\% \\ \text{Tepung kedelai } 26,7\% \times 46,36\% &= 12,38\% \\ \text{Dedak halus } 15,53\% \times 15,58\% &= 2,42\% \\ \text{Tepung jagung } 15,53\% \times 9,50\% &= 1,48\% \\ \text{Tepung terigu } 15,53\% \times 12,27\% &= 1,91\% \\ &\text{-----} + \\ &35,01\% \end{aligned}$$

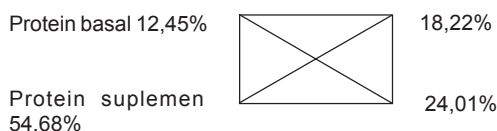
Jika akan membuat pakan ikan sebanyak 100 kg maka komposisi bahan baku yang harus disiapkan sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Tepung ikan } 26,70\% \times 100 \text{ kg} &= 26,70 \text{ kg} \\ \text{Tepung kedelai } 26,70\% \times 100 \text{ kg} &= 26,70 \text{ kg} \\ \text{Dedak halus } 15,53\% \times 100 \text{ kg} &= 15,53 \text{ kg} \\ \text{Tepung jagung } 15,53\% \times 100 \text{ kg} &= 15,53 \text{ kg} \\ \text{Tepung terigu } 15,53\% \times 100 \text{ kg} &= 15,53 \text{ kg} \\ &\text{-----} + \\ &99,99 \text{ kg} \end{aligned}$$

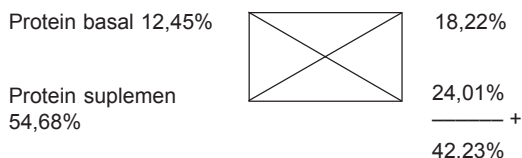
Jika dalam komposisi bahan baku pembuatan pakan ikan akan ditambahkan bahan tambahan maka jumlah bahan baku utama harus dikurangi dengan jumlah bahan tambahan yang akan digunakan. Misalnya dalam komposisi bahan pakan tersebut akan ditambahkan vitamin sebanyak 2% dan mineral 2% maka

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 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 melakukan penjumlahan nilai pada bagian sisi sebelah kanan, dapat dilihat pada gambar segiempat berikut.



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

$$\begin{aligned} \text{Protein basal} &= \frac{18,22\%}{42,23\%} \times 96\% \\ &= 41,42\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Protein suplemen} &= \frac{24,01\%}{42,23\%} \times 96\% \\ &= 54,58\% \end{aligned}$$

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

- Komposisi bahan baku yang berasal dari protein suplemen adalah:

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

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

- Komposisi bahan baku yang berasal dari protein basal adalah:

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

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

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	$27,29\% \times 62,99\% = 17,19\%$
Tepung kedelai	$27,29\% \times 46,36\% = 12,6516\%$
Dedak halus	$13,81\% \times 15,58\% = 2,1516\%$
Tepung jagung	$13,81\% \times 9,50\% = 1,1320\%$
Tepung terigu	$13,81\% \times 12,27\% = 1,6945\%$
	————— +
	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 suplemen) 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 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 sebagai berikut.

- Melakukan pengelompokan 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 meng-

gunakan 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	$62,65\% \times 2 = 125,30\%$
Tepung kedelai kadar protein	$39,60\% \times 1 = 39,60\%$
Ampas tahu kadar protein	$25,55\% \times 1 = 25,55\%$
Tepung bekicot kadar protein	$54,29\% \times 2 = 108,58\%$
	<hr style="width: 100%; border: 0; border-top: 1px solid black; margin-bottom: 5px;"/> +
	299,03%

Rata-rata kadar protein dari kelompok sumber protein suplemen adalah = $49,84\% = 0,4984$. Sedangkan untuk bahan baku sebagai kelompok protein basal adalah dedak halus dapat digunakan 2 kali lebih banyak dibandingkan dengan tepung jagung karena selain harganya murah juga penggunaannya masih dapat lebih besar dari tepung jagung maka komposisi kelompok sumber bahan protein basal 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:

Dedak	$15,58\% \times 2 = 31,16\%$
T. jagung	$9,50\% \times 1 = 9,50\%$
	<hr style="width: 100%; border: 0; border-top: 1px solid black; margin-bottom: 5px;"/> +
	40,66%

Rata-rata kadar protein dari kelompok sumber basal $40,66\%$ 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 100 %.

Persamaan 2 adalah $0,4948 X + 0,1355 Y = 35$, 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 kadar protein pakan yang akan dibuat.

No.	Jenis Bahan Baku	Kadar Protein (%)	Jumlah Bahan Baku (%)	Nilai Kuadrat (%)	Kadar Protein yang Diinginkan (%)
	n	X	Y	X ²	XY
1.	Tepung ikan	62,65	?	?	?
2.	Tepung kedelai	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 (62,65 × 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 Kuadrat (%)	Kadar Protein yang Diinginkan (%)
	n	X	Y	X ²	XY
1.	Tepung ikan	62,65	?	39,25	?
2.	Tepung kedelai	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.

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

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

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

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

$$b = 0,02$$

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

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

$$a = \frac{100\% - 4,14\%}{6}$$

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

$$a = 15,98$$

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 di atas 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 di bawah ini.

No.	Jenis Bahan Baku	Kadar Protein (%)	Jumlah Bahan Baku (%)	Nilai Kuadrat (%)	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 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 di bawah ini.

No.	Jenis Bahan Baku	Kadar Protein (%)	Jumlah Bahan Baku (%)	Nilai Kuadrat (%)	Kadar Protein yang Diinginkan (%)
	n	X	Y	X ²	XY
1.	Tepung ikan	62,65	17,23	39,25	10,79%
2.	Tepung kedelai	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 menyusun formulasi bahan baku yang akan digunakan untuk membuat pakan ikan dengan kadar protein 35% dengan metode linier 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%
	<hr/>
	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 di mana metode ini relatif sangat mudah dalam membuat formulasi pakan ikan. Metode ini prinsipnya semua bahan baku yang akan digunakan harus berjumlah 100%. Jika bahan baku yang dipilih untuk penyusunan formulasi sudah ditetapkan maka langkah selanjutnya 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*) 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 tepung ikan (kadar protein 62,65%), tepung kedelai (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 di bawah ini.

No.	Jenis Bahan Baku	Kadar Protein Bahan Baku (%)	Jumlah Bahan Baku (%)	Kadar Protein Bahan Baku (%)
1.	Tepung ikan	62,65	?	?
2.	Tepung kedelai	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 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 kedelai	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 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 di bawah 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 kedelai	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 ke dalam tabel tersebut lakukan penjumlahan dan dicek apakah jumlah kadar protein semua bahan baku tersebut sudah 35%. Jumlah kadar protein semua bahan baku itu $12,51 + 5,94 + 4,09 + 8,14 + 3,12 + 0,95 = 34,75$, dari hasil coba-coba tersebut baru diperoleh kadar protein semua bahan baku adalah 34,75%, padahal kadar protein pakan yang diinginkan 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 di bawah ini.

No.	Jenis Bahan Baku	Kadar Protein Bahan Baku (%)	Jumlah Bahan Baku (%)	Kadar Protein Bahan Baku (%)
1.	Tepung ikan	62,65	20	13,78
2.	Tepung kedelai	39,60	15	6,34
3.	Ampas tahu	25,55	16	3,83
4.	Tepung bekicot	54,29	15	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 di atas sebaiknya dilakukan perhitungan nilai energi dari formulasi pakan tersebut. Formulasi pakan yang telah dibuat tersebut dapat memberikan pertumbuhan yang optimal pada ikan budi daya 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 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 kedelai	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 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 Protein Bahan Baku (%)	Jumlah Bahan Baku (%)	Kadar Protein Bahan Baku (%)
1.	Tepung ikan	15,38	22	3,38
2.	Tepung kedelai	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 Protein Bahan Baku (%)	Jumlah Bahan Baku (%)	Kadar Protein Bahan Baku (%)
1.	Tepung ikan	5,81	22	1,28
2.	Tepung kedelai	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 di mana berdasarkan nilai Gross Energi (GE) diketahui 1 gram protein setara dengan 5,6 kkal/g, sedangkan untuk satu gram lemak 9,4 kkal/g dan untuk satu gram karbohidrat 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 7,52 kkal/g dan untuk satu gram karbohidrat 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 × 4,48 kkal/gram	=	1.568,00 kkal	
Lemak	:	99 gram × 7,52 kkal/gram	=	744,48 kkal	
Karbohidrat	:	271,4 gram × 3,28 kkal/gram	=	890,19 kkal	
				_____	+
				3.202,67 kkal	

Maka protein energi ratio 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 hampir sama dengan trial and error atau mau menggunakan metode apa saja untuk mengisi kolom jumlah bahan baku yang akan digunakan di mana 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 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 tepung ikan, tepung kedelai, tepung bekicot, tepung terigu, dedak, tepung jagung, vitamin, dan mineral dengan komposisi zat nutrisi pada setiap bahan baku tersebut seperti pada tabel di bawah ini.

Jenis Bahan Baku	Kadar Protein (%)	Kada 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 35%, kadar lemak 10%, dan kadar karbohidrat kurang dari 40% dengan nilai energi (kalori) pakan buatan 3.500 sehingga ratio/perbandingan protein dan energi 10.
- Buatlah perkiraan jumlah setiap bahan baku yang akan digunakan dengan cara 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 di bawah ini.

Jenis Bahan Baku	Jumlah Bahan Baku (%)	Kadar Protein (%)	Kada 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		–	–	–	–	–
Jumlah	100	35	10	–	–	< 40

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

Jenis Bahan Baku	Jumlah Bahan Baku (%)	Kadar Protein (%)	Kada 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 mas	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. Letakkan hasil nutrisi bahan baku seperti worksheet di bawah ini.

Jenis Bahan Baku	Jumlah Bahan Baku (%)	Kadar Protein (%)	Kada Lemak (%)	Kadar Abu (%)	Kadar Serat Kasar (%)	Kadar BETN (%)
Tepung ikan	20	65,8 13,16	65,8 1,3	20,1	0,8	8,5 0,17
Tepung kedelai	15	35,8 5,37	35,8 2,97	1,8	4,9	33,9 5,09
Tepung keong mas	10	52,8 5,28	52,8 0,14	15,3	0,7	19,5 1,95
Tepung terigu	10	15,3 1,53	15,3 0,17	0,7	0,8	81,1 8,11
Tepung jagung	15	7,8 1,17	7,8 0,71	1,8	2,6	83,1 12,47
Dedak	25	13,3 3,33	13,3 3,53	10,7	8,5	53,4 13,35
Vitamin	2	–	–	–	–	–
Mineral	3	–	–	–	–	–
Jumlah	100	30 29,84	10 8,11	–	–	<40 29,84

Dari hasil perhitungan dengan menggunakan bantuan komputer dengan program excel (misalnya kolom 2 dikalikan dengan kolom 3 dibagi 100) atau dengan menggunakan perhitungan matematika biasa dalam metode coba-coba di mana 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 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 di bawah ini.

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 rumah tangga.

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

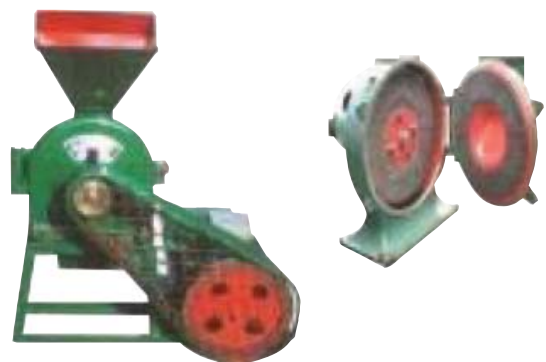
1. Alat penepung (*grinding*)
2. Alat pencampur (*mixing*)
3. Alat pengukus/pemanas (*steaming*)
4. Alat pencetak (*pelleting*)
5. Alat pengering (*drying*)
6. Alat pengepak/pengemasan (*packing*)

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 bahan baku kering. Ukuran tepung untuk bahan baku pakan buatan dalam bentuk pellet sebaiknya berukuran kurang dari 0,6 mm, agar daya ikat antarpartikel 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 per jam sampai satu ton per jam.

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. Di mana dengan perlakuan pemanasan zat antinutrisi ini akan menjadi tidak aktif dan

dapat meningkatkan pemaknaan 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 kedelai 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	Kedelai dan berbagai legumes	Pemanasan pada suhu 175–195°C atau dimasak selama 10 menit
Lectins	Menghancurkan sel darah merah	Kedelai dan berbagai legumes	Merebus di dalam air/ dimasukkan dalam autoclave selama 30 menit
Goitrogens	Menghambat penyerapan iodine kedalam kelenjar thyroid	Kedelai dan berbagai legumes	Diupakan dan atau dimasukkan dalam autoclave selama 10–30 menit
Antivitamin D	Mengikat vitamin D membuatnya tidak bermanfaat	Kedelai dan berbagai legumes	Diautoclave atau direbus selama 30 menit
Antivitamin E	Mengurangi kontribusi vitamin E	Kedelai dan berbagai legumes	Diautoclave
Thiaminase	Merangsang penghancuran thiamin (Vit B1)	Ikan mentah kerang dan kedelai	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, kedelai 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 dibuat adalah pakan kering dalam bentuk pelet dan ukuran pakannya disesuaikan dengan peruntukan ikan. Alat pencetak (*peleting*) untuk skala rumah tangga dapat digunakan alat penggiling daging (Gambar 6.5), sedangkan skala menengah dapat menggunakan alat *peleting* (Gambar 6.6) dan skala besar/pabrikasi dengan menggunakan alat peleting otomatis (Gambar 6.7). Panjang dan diameter pelet ini dapat diatur sesuai dengan kebutuhan (Gambar 6.8).



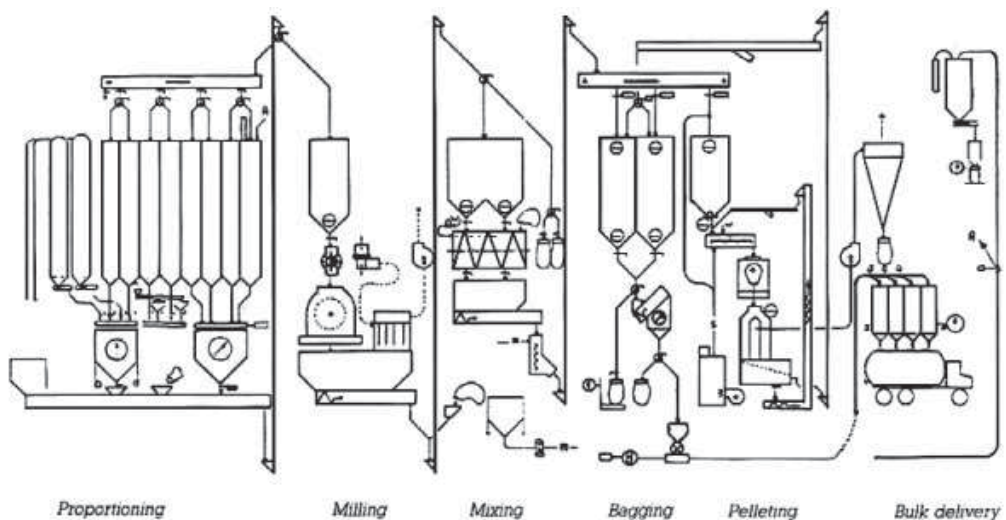
Gambar 6.5. Alat penggiling daging

Alat Pengering

Pada skala usaha rumah tangga 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 pelet yang dihasilkan sudah dalam bentuk pelet kering.

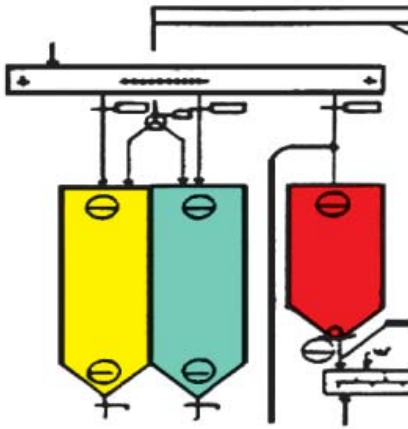
Prosedur Pembuatan Pakan Skala Besar/Pabrikasi

Pada skala besar pembuatan pakan biasanya menggunakan peralatan yang cukup canggih dan lengkap dengan skala produksi dapat mencapai 1–20 ton per hari. Adapun langkah pengerjaan pakan ikan ini dilakukan dengan alur proses seperti gambar di bawah ini (Gambar 6.6).



Gambar 6.6. Alur proses pembuatan pakan skala pabrikasi

Tahap awal dalam pabrik pakan skala pabrikasi dilakukan persiapan bahan baku. 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 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, mencetak pelet menjadi bentuk pelet dengan ukuran yang telah ditentukan (peleting), ukuran pelet ini berkisar antara 1–22 mm. Pada skala pabrik pelet yang telah tercetak akan langsung masuk ke dalam mesin uap (*steam*) yang sudah terangkai secara paralel dengan peralatan peleting. Langkah terakhir dalam proses pembuatan pakan adalah pengemasan dan penyimpanan pakan. Dalam skala pabrikasi pelet yang telah tercetak biasanya langsung dikemas dalam prosesnya dibuat secara berangkai dengan proses pencetakan pelet. 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 di dalam 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 dalam dilapisi kantong plastik tipis, transparan. Bagian kantong plastik itulah yang membuat pelet/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 ke dalam kantong kemasan langsung dilakukan penjahitan otomatis pada kemasan tersebut. Tetapi pada beberapa perusahaan kecil proses pengemasan dilakukan secara manual dengan memasukkan pakan buatan ke dalam 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 per kemasan sampai 50 kg per kemasan. 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 nutrisi pakan yang disimpan sebagai berikut.

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 nutrisi 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 di dalam 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 di dalam pakan jika ruangan tidak memenuhi syarat maka lemak yang terkandung di dalam pakan akan mengakibatkan proses peroksidasi lemak terjadi dan pakan akan tengik dan bau busuk.

Berdasarkan beberapa hal tersebut di atas 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 berbunga langsung dengan sinar matahari.
2. Kemasan pada pakan harus terdapat label pakan dan kandungan nutrisi yang terdapat pada pakan serta masa kedaluarsa pakan tertera pada kemasan (tanggal kedaluarsa pakan).
3. Tumpukan kemasan pakan dalam tempat penyimpanan pakan sebaiknya tidak lebih dari enam tumpukan. Jarak palet yaitu kayu tempat meletakkan pakan dalam ruang penyimpanan berjarak 12–15 cm dari dasar lantai agar tidak terjadi kerusakan pakan yang ada di dasar oleh serangga, kutu, abu, serta sirkulasi udara dari bawah cukup baik.

4. Lama penyimpanan pakan buatan di dalam 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 di atas tumpukan pakan. Hal ini dapat mengakibatkan rusak dan hancurnya pakan buatan.

Prosedur Pembuatan Pakan Skala Menengah atau Rumah Tangga

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

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 (*peleting*)
8. Pengeringan pelet
9. Pengemasan pelet
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 pembudi daya ikan yang akan membuat pakan ikan biasanya menggunakan acuan seperti Tabel 6.9.

Tabel 6.9 Acuan Bentuk dan Tipe Pakan Buatan untuk Ikan Budi Daya (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 pembudi daya 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) bahan baku yang dicampur ke dalam 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 adonan tersebut sudah tidak lengket di tangan. 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 tepung, remahan, dan pelet. Bentuk pelet 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 di dalam 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 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, 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 budi daya harus dilakukan uji coba 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 pelet/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 makanan (pelet) dipanaskan pada suhu $105-10^{\circ}\text{C}$, 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 pelet yang dibuat harus benar-benar disesuaikan dengan ukuran ikan dan jenis ikan yang akan mengkonsumsi pakan tersebut. Prinsip pengujian kadar protein di laboratorium menggunakan cara Kjeldahl yaitu menentukan kadar protein secara

tidak langsung. Cara ini menentukan kadarN-nya kemudian mengalikan dengan protein 6,25. Peralatan yang digunakan untuk mengukur kadar protein pakan ikan dengan peralatan semi mikrokyeldahl. 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 kurang dari 7%. Serat kasar ini diperlukan untuk menambah baik Struktur pelet. Kandungan serat kasar yang terlalu tinggi pada pakan buatan akan mempengaruhi data cerna dan penyerapan di dalam 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 soxhlet 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 di dalam 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. Di bawah ini akan diuraikan beberapa metode yang dapat dilakukan dalam melakukan pengukuran beberapa parameter uji kimia pakan ikan. Adapun prosedur yang harus dilakukan 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 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/contoh yang telah dihaluskan sebanyak 2–3 gram (a) lalu dimasukkan ke dalam 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 saksama 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 di dalam 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 $105\text{--}110^\circ\text{C}$ selama 1 jam, dinginkan dalam eksikator selama 10 menit dan ditimbang (X_1).
2. Timbang bahan/contoh yang kering sebanyak 2–3 gram (a) lalu masukkan ke dalam cawan X_1 .
3. Masukkan cawan dan bahan ke dalam oven pengabuan/tanur dengan cara dipanaskan dengan suhu $550\text{--}600^\circ\text{C}$ 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 saksama 2–3 g contoh ke dalam 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:

$$\text{Kadar abu} = \frac{W_1 - W_2}{W} \times 100\%$$

W : Bobot contoh sebelum diabukan dalam gram

W_1 : Bobot contoh + cawan sesudah diabukan dalam gram

W_2 : 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 soxhlet 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/ccontoh 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 ke dalam 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 ke dalam soxhlet sampai kertas saring tersebut terendam dan sisa larutan dimasukkan ke dalam 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 105–10°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 ke dalam 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.

- Ekstrak dengan heksana atau pelarut lemak lainnya selama lebih kurang 6 jam.
- Sulingkan heksana dan keringkan ekstrak lemak dalam oven pengering pada suhu 105°C.
- Dinginkan dan timbang.
- Ulangi pengeringan ini hingga tercapai bobot tetap.
- Keringkan kertas saring berikut isinya pada suhu 100–105°C.
- 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:

$$\% \text{ lemak} = \frac{W - W_1}{W_2} \times 100\%$$

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 nonpolar 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:

- Timbang saksama 1–2 g cuplikan ke dalam gelas piala.
- Tambah 30 ml HCl 25% dan 20 ml air serta beberapa butir batu didih.
- Tutup gelas dengan kaca arloji dan didihkan selama 15 menit.
- Saring dengan keadaan panas dan cuci dengan air panas hingga tidak bereaksi asam lagi.

Perhitungan:

$$\text{Kadar lemak} = \frac{W_1 - W_2}{W} \times 100\%$$

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:

1. Masukkan 0,5–1 gram bahan/contoh (a), 3 gram katalis ($K_2SO_4 + CuSO_4$) dan 10 ml H_2SO_4 ke dalam tabung kjeldahl.
2. Tabung dipanaskan hingga larutan di dalam tabung berubah warna menjadi hijau bening, kemudian didinginkan.
3. Encerkan dengan akuades sampai larutan menjadi 100 ml.

Tahap Destruksi, langkah kerjanya:

1. Masukkan 5 ml larutan hasil oksidasi ke dalam cawan labu kjeldahl.

2. Tambahkan NaOH 0,05 N sebanyak 10 ml.
3. Siapkan Erlenmeyer, masukkan H_2SO_4 0,05 N sebanyak 10 ml dan tambahkan 2–3 tetes larutan indikator (metyl red/methylen blue), kemudian didestruksi selama 10 menit.

Tahap Titrasi

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

Perhitungan kadar protein diperoleh dari persamaan sebagai berikut.

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

Pengukuran Kadar Protein Metode Gunning

Langkah kerja:

1. Timbang bahan sebanyak 2–5 gram yang telah ditumbuk halus dan masukkan ke dalam 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 asap, 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 phenolphtalein 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) sampai larutan berwarna pink, catat volume titran.
7. Hitunglah kadar protein bahan dengan persamaan sebagai berikut.

$$\text{Kadar protein (\%)} = \frac{(\text{ml NaOH blanko} - \text{ml NaOH contoh})}{\text{Gram contoh} \times 10} \times 100\%$$

$$\text{Kadar protein (\%)} = \text{Kadar Nitrogen} \times \text{Faktor Konversi}$$

Pengukuran Kadar Protein Metode SNI

Pereaksi:

1. Campuran selen, campuran 2,5 gr serbuk SeO_2 , 100 gr K_2SO_4 , dan 20 gr $\text{CuSO}_4 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$.
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 ke dalam botol bertutup gelas. Campur 500 ml asam borat dengan 5 ml indikator.
4. Larutan asam klorida, HCL 0,01 N.
5. Larutan Natrium Hidroksida NaOH 30%, larutkan 150 gram Natrium Hidroksida ke dalam 350 ml air, simpan dalam botol bertutup karet.

Langkah kerja:

1. Timbang saksama 0,51 g cuplikan, masukkan ke dalam labu kjeldahl 100 ml.
2. Tambahkan 2 g campuran selen dan 25 ml H_2SO_4 pekat.
3. Panaskan di atas pemanas listrik atau api pembakar sampai mendidih dan larutan menjadi jernih kehijau-hijauan (sekitar 2 jam).
4. Biarkan dingin, kemudian encerkan dan masukkan ke dalam labu ukur 100 ml, tepatkan sampai tanda garis.
5. Pipet 5 ml larutan dan masukkan ke dalam alat penyuling, tambahkan 5 ml NaOH 30% dan beberapa tetes indikator PP.
6. Sulingkan selama lebih kurang 10 menit, sebagai penampung gunakan 10 ml larutan asam borat 2% yang telah dicampur indikator.

7. Titar dengan larutan HCL 0,01 N.

8. Kerjakan penetapan blanko.

Perhitungan:

$$\text{Kadar protein} = \frac{(V_1 - V_2) \times N \times 0,014 \times f \cdot k \times fp}{W}$$

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

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.

Peralatan :

- Neraca analitik
- Pendingin
- Corong Buchner
- Pompa vakum

Pereaksi :

- Asam sulfat H_2SO_4 1,25%
- Natrium Hidroksida, NaOH 3,25%
- Etanol 96%
- Kertas saring Whatman 54, 541 atau 41

Langkah Kerja SNI:

1. Timbang saksama 2–4 g cuplikan Bebaskan lemaknya dengan cara ekstraksi dengan cara SOXlet atau dengan cara mengaduk, mengendap tuangkan contoh dalam pelarut organik sebanyak 3 kali. Keringkan contoh dan masukkan ke dalam erlenmeyer 500 ml.
2. Tambahkan 50 ml larutan H_2SO_4 1,25%, kemudian dididihkan selama 30 menit dengan menggunakan pendingin tegak.

3. Tambahkan 50 ml NaOH 3,25% dan dididihkan 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 ke dalam 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.
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 di dalam 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 ke dalam 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 (X₃).
 7. Hitunglah kadar serat kasar bahan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut.

Perhitungan:

- a. Serat kasar < 1%,

$$\% \text{ Serat kasar} = \frac{W}{W_1} \times 100\%$$

- b. Serat kasar > 1%

$$\% \text{ Serat kasar} = \frac{W - W_1}{W_2} \times 100\%$$

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 ke dalam erlenmeyer, kemudian tambahkan 50 ml H₂SO₄ 0,3 N dan dipanaskan di atas hot plate selama 30 menit.
2. Tambahkan 25 ml NaOH 1,5 N kemudian panaskan kembali selama 30 menit.

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

Langkah Kerja 3:

1. Timbang bahan sebanyak 2–5 gram
2. Masukkan ke dalam erlenmeyer 600 ml, tambahkan larutan H₂SO₄ 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 sampai berwarna biru tidak berubah.

4. Pindahkan secara kuantitatif residu dari kertas saring ke dalam erlenmeyer kembali dengan spatula, dan sisanya dicuci dengan larutan NaOH 0,313 N sebanyak 200 ml sampai semua residu masuk ke dalam erlenmeyer. 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 K₂SO₄ 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 0 dalam erlemeyer dicuci dengan 110 C sampai berat konstan aquades mendidih, cucilah residu dalam kertas saring sampai air cucian tidak bersifat asam lagi (uji dengan kertas lakmus, selama 1–2 jam, dinginkan dalam eksikator dan timbang).
7. Hitunglah kadar serat kasar dengan persamaan sebagai berikut:

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

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 pelet di dalam air (*Water Stability Feed*) yaitu daya tahan pakan buatan di dalam air. Selain itu uji fisik dapat dilakukan dengan melihat kehalusan dan kekerasan bahan baku pakan yang akan sangat berpengaruh terhadap kekompakan pakan di dalam air. Hal ini dapat dideteksi dengan daya tahan pakan buatan di dalam 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 di dalam 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 di dalam air harus diperhatikan karena hal ini sangat diperlukan bagi pakan yang akan dikonsumsi oleh ikan. Ikan yang hidup di dasar perairan membutuhkan pakan yang lebih tahan lama di dalam air dibandingkan pakan ikan yang akan dibuat untuk ikan yang hidup dipermukaan atau di tengah 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 peruntukan pakan tersebut. *Water stability* pakan menurut Millamenena 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 ke dalam keranjang kawat tersebut.
3. Masukkan keranjang kawat yang telah berisi pakan ke dalam 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 ke dalam 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 :

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

Di mana:

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 × % berat kering dibagi 100.

Berat kering pakan =

$$\text{berat pakan} \times \frac{\text{berat kering}}{100}$$

$$\text{Maka } I_o = 5,26 \text{ gram} \times \frac{95}{100}$$

$$I_o = 5,0 \text{ gram}$$

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:

$$F_o = 12,5 \text{ gram} - 8,0 \text{ gram}$$

$$F_o = 4,5 \text{ gram}$$

$$\begin{aligned} \% \text{ Water Stability} &= \frac{F_o}{I_o} \times 100 \\ &= \frac{4,5}{5,0} \times 100 \\ &= 90\% \end{aligned}$$

Pengukuran *water stability* yang paling mudah dilakukan dengan menghitung lama waktu yang dibutuhkan oleh pakan tersebut sampai hancur di dalam wadah budi daya. 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 di permukaan 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 sebagai berikut.

1. Menyiapkan alat dan bahan yang akan digunakan sebelum melakukan uji fisik pakan (wadah budi daya, pakan ikan yang dibuat, aerator, *stop watch*, air).
2. Mengisi wadah uji dengan air dengan ketinggian minimal 50 cm.

3. Memasukkan selang aerasi ke dalam wadah uji.
4. Memasang aerator dengan kuat sehingga air di dalam wadah uji bergerak dan menimbulkan gelombang.
5. Memasukkan pakan buatan ke dalam wadah uji dan catat waktu pertama pakan buatan dimasukkan ke dalam wadah uji.
6. Memperhatikan kekompakan pakan buatan di dalam wadah uji dan catat waktu pakan tersebut mulai mengembang serta catat pula waktu pakan tersebut mulai hancur.
7. Pakan yang baik akan stabil di dalam air selama 30 menit untuk pakan udang sedangkan untuk pakan ikan biasanya kurang dari tiga puluh menit.

Pengujian Bau Pakan (Attractant)

Pakan ikan yang sudah dibuat harus mempunyai bau yang 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:

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 ke dalam wadah uji.
4. Memasang aerator dengan kuat sehingga air di dalam wadah uji bergerak dan menimbulkan gelombang dan masukkan ikan ke dalam wadah tersebut.
5. Memasukkan pakan buatan ke dalam 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 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 di mana 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 di atas kayu dengan jarak antara lantai dengan kayu sebaiknya 3 – 4 inci (1 inci = 2,54 cm) sebanyak enam tumpukan jika berat pakan per karung 50 kg.
3. Memasukkan tumpukan pakan buatan ke dalam ruang uji sebanyak 350 kg dan catat waktu pertama pakan buatan dimasukkan ke dalam ruang penyimpanan.
4. Perhatikan kekompakan pakan buatan di dalam 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 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 pertumbuhan, tingkat konsumsi pakan, pencernaan 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 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 per hari dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut.

$$TKP = 3 \times \frac{\text{Konversi Pakan}}{L} \times \Delta L \times 100$$

Di mana:

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 ke dalam 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. Setiap 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 kecernaan pakan dapat menggambarkan kemampuan ikan dalam mencerna suatu pakan. Selain itu, nilai kecernaan dapat menentukan kualitas pakan yang dikonsumsi ikan. Pakan yang berasal dari bahan nabati umumnya lebih sulit dicerna oleh ikan dibandingkan bahan hewani (Heper, 1988). Bahan-bahan semimurni seperti kasein dan gelatin dicerna hampir sempurna oleh ikan (NRC, 1983). Di samping itu, kecernaan pakan juga dipengaruhi oleh proses dan metode 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 kecernaan pakan 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*, mengisap feses lewat anus, atau dengan membedah ikan.

Pengukuran kecernaan secara tidak langsung lebih menguntungkan karena tidak memperhitungkan jumlah pakan yang dikonsumsi serta feses yang diekskresikan, tetapi didasarkan pada kandungan indikator dalam pakan dan feses (Tytler and Calow, 1985). Kecernaan 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).

Metode pencernaan makanan dapat dihitung menurut Affandi et al 1992 dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

1. Metode langsung

Kecernaan pakan dengan metode langsung biasa diterapkan pada level individu dengan menggunakan perhitungan sebagai berikut.

$$D = \frac{I-F}{I} \times 100\%$$

Keterangan:

D = pencernaan total

I = total nutrisi yang dikonsumsi

F = total nutrisi dalam feses

Pada metode ini semua makanan yang dikonsumsi dan semua feses yang dikeluarkan oleh ikan selama fase pengukuran (24 jam) harus diukur.

2. Metode tidak langsung

Kecernaan total pakan dari pakan yang dikonsumsi dapat dihitung dengan metode tidak langsung, yaitu:

$$D = 100 - \left(100 \times \frac{I_p}{I_f} \times \frac{N_p}{N_f} \right)$$

Keterangan:

D = pencernaan total

I_p = persentase indikator dalam pakan

I_f = persentase indikator dalam feses

N_p = persentase nutrisi dalam pakan

N_f = persentase nutrisi dalam feses

Kecernaan total dari pakan yang dikonsumsi dapat pula dihitung berdasarkan rumus Windel (1978) yaitu:

$$\text{Kecernaan Total} = 100 - (100 - a/a^*)$$

di mana:

a = Cr_2O_3 dalam pakan (%)

a^* = Cr_2O_3 dalam feses (%)

Selain pencernaan total dari pakan yang dikonsumsi juga harus diperhitungkan pencernaan dari nutrisi yang terdapat pada pakan. Pencernaan nutrisi itu terdiri dari pencernaan protein, pencernaan lemak, pencernaan karbohidrat, dan pencernaan energi. Perhitungan pencernaan nutrisi ini menggunakan rumus yang dikemukakan oleh NRC (1982) yaitu:

Kecernaan Protein

$$\text{Kecernaan Protein} = 100 - (100 \times a/a^* \times b^*/b)$$

di mana:

a = Cr_2O_3 dalam pakan (%)

a^* = Cr_2O_3 dalam feses (%)

b = protein dalam pakan (%)

b^* = protein dalam feses (%)

Kecernaan Lemak

$$\text{Kecernaan Lemak} = 100 - (100 \times a/a^* \times b^*/b)$$

di mana:

a = Cr_2O_3 dalam pakan (%)

a^* = Cr_2O_3 dalam feses (%)

b = lemak dalam pakan (%)

b^* = lemak dalam feses (%)

Kecernaan Karbohidrat

$$\text{Kecernaan Karbohidrat} = 100 - (100 \times a/a^* \times b^*/b)$$

di mana:

a = Cr_2O_3 dalam pakan (%)

a^* = Cr_2O_3 dalam feses (%)

b = karbohidrat dalam pakan (%)

b^* = karbohidrat dalam feses (%)

Kecernaan Energi

$$\text{Kecernaan Energi} = 100 - (100 \times a/a^* \times b^*/b)$$

di mana:

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.

$$\text{Retensi Protein (\%)} = \frac{\text{Bobot protein yang disimpan tubuh (gram)}}{\text{Bobot protein yang diberikan (gram)}} \times 100\%$$

$$\text{Retensi Lemak (\%)} = \frac{\text{Bobot lemak yang disimpan tubuh (gram)}}{\text{Bobot lemak yang diberikan (gram)}} \times 100\%$$

$$\text{Retensi Energi (\%)} = \frac{\text{Jumlah energi (kkal) yang disimpan tubuh}}{\text{Jumlah energi (kkal) yang diberikan (gram)}} \times 100\%$$

Cara menghitung Retensi Protein/Lemak
Bobot protein/lemak yang disimpan tubuh:

Bobot biomassa awal = WA
Analisa proksimat awal ikan = a%
Jumlah protein awal = a% × WA = A
Bobot biomassa akhir + bobot mortalitas = WT

Analisa proksimat akhir ikan = b%
Jumlah protein pada akhir = b% × 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% × 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. 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 di pakan untuk metabolisme standar, energi untuk proses pencernaan dan energi untuk aktivitas.

Ada dua model yang dipakai untuk menghitung pertumbuhan. Model pertama model yang berhubungan dengan berat dan berbentuk eksponensial. Model ini baik untuk waktu yang pendek. Model pertumbuhannya menurut Ricker (1979) adalah:

$$W_t = W_o \cdot e^{gt}$$

di mana:

W_t : bobot ikan pada saat t

W_o : bobot ikan awal

E : dasar logaritma natural (2,7183)

g : laju pertumbuhan harian spesifik

t : waktu

Laju pertumbuhan harian spesifik dapat dihitung dari rumus awal yaitu:

$$W_t = W_o \cdot e^{gt} \rightarrow \frac{W_t}{W_o} = e^{gt}$$

$$\ln \frac{W_t}{W_o} = gt \rightarrow g = \frac{\ln W_t - \ln W_o}{t}$$

$$g = \frac{W_t - W_o}{t}$$

Menurut Huisman (1976) dan NRC (1977) mengemukakan rumus laju pertumbuhan harian sebagai berikut.

$$W_t = W_o (1 + g/100)^t \text{ atau}$$

$$g = \sqrt[t]{(W_t/W_o)} - 1 \times 100\%$$

Model pertumbuhan yang kedua berhubungan dengan panjang yang dinamakan rumus Von Bertalanfall di mana rumus yang digunakan sebagai berikut.

$$L_t = L_{\infty} (1 - e^{-k(t-t_0)})$$

di mana:

L_t : panjang ikan pada waktu t

L_{∞} : panjang maksimum ikan

k : koefisien pertumbuhan

e : bilangan yang nilainya 2,7183

Selain itu dari beberapa literatur pertumbuhan ikan dapat juga dilakukan pengukuran secara sederhana dengan menggunakan rumus berikut.

$$\text{Pertumbuhan mutlak } W_t = W_f - W_i$$

di mana:

W_t : pertumbuhan mutlak

W_f : berat akhir

W_i : berat awal

Laju pertumbuhan mutlak

$$W_t/\text{hari} = \frac{W_f - W_i}{\text{Waktu kultur (hari)}}$$

Pertumbuhan relatif

$$\% W_t = \frac{W_f - W_i}{W_i} \times 100$$

Laju pertumbuhan relatif

$$\% W_t/\text{hari} = \frac{W_f - W_i}{W_i (\text{waktu kultur})} \times 100$$

Laju pertumbuhan harian spesifik

$$\text{SGR} = \frac{\ln W_2 - \ln W_1}{t_2 - t_1}$$

di mana:

W_1 : berat ikan pada periode waktu 1 (t_1)

W_2 : berat ikan pada periode waktu 2 (t_2)

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.

$$\text{Konversi pakan} = \frac{F}{(W_t + D) - W_o}$$

di mana:

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) sebagai berikut.

$$E\% = \frac{(W_t + D) - W_o}{F} \times 100$$

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 budi daya ikan pakan merupakan salah satu faktor yang sangat menentukan dalam keberhasilan suatu budi daya ikan selain kualitas air. Pakan dalam kegiatan budi daya ikan sangat dibutuhkan oleh ikan untuk tumbuh dan berkembang. Pemberian pakan dalam suatu usaha budi daya sangat bergantung kepada beberapa faktor antara lain jenis dan ukuran ikan, lingkungan di mana ikan itu hidup dan teknik budi daya yang akan digunakan. Dalam subbab ini akan dibahas manajemen pemberian pakan dilihat dari jenis dan ukuran ikan serta teknik budi daya. Pakan dan kualitas air akan dibahas pada subbab selanjutnya.

Pemberian pakan adalah kegiatan yang rutin dilakukan dalam suatu usaha budi daya ikan. Oleh karena itu, dalam manajemen pemberian pakan harus dipahami tentang beberapa pengertian dalam kegiatan budi daya ikan sehari-hari yang terkait dengan manajemen pemberian pakan antara lain *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 budi daya. 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 di mana 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 budi daya 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 *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 di mana 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 di tengah-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 dibudi dayakan 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 dibudi dayakan dan biasanya diekspresikan dalam persen biomas ikan biasa disebut dengan *feeding rate*. *Feeding rate* pada pemberian pakan ikan berkisar antara 2 – 5% per hari atau bahkan lebih. Biomas adalah jumlah total ikan per unit 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 budi daya sangat bergantung pada teknik budi daya yang diterapkan. Pada suatu usaha budi daya ikan dapat dikelompokkan menjadi tiga sebagai berikut.

1. Budi daya ikan secara ekstensif

Pada budi daya ikan ini yang menjadi ciri khasnya adalah dalam pemberian pakannya mengandalkan pakan alami. Oleh karena itu, dalam sistem budi daya ini pemupukan pada kolam budi daya harus kontinu dilakukan agar pakan alami tumbuh dengan subur pada kolam budi daya. Pengelolaan pemberian pakan pada sistem budi daya ekstensif lebih mengutamakan tumbuhnya plankton baik phytoplankton maupun zooplankton di dalam wadah budi daya sebagai pakan alami ikan yang dibudi dayakan dan jenis ikan yang dibudi dayakan adalah ikan herbivora yaitu ikan yang senang mengkonsumsi tumbuhan atau nabati.

2. Budi daya ikan semiintensif

Pada budi daya ikan sistem semiintensif yang menjadi cirinya adalah dalam budi dayanya sangat mengandalkan pakan alami dan pakan tambahan. Pakan alami masih digunakan dalam sistem budi daya ini sehingga sistem pemupukan pada kolam budi daya 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 pembudi daya 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. Budi daya ikan secara intensif

Pada budi daya ikan secara intensif yang menjadi ciri khasnya adalah dalam melakukan kegiatan budi daya mengandalkan pakan buatan sebagai sumber makanan utama ikan yang dibudi dayakan. 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 budi daya ikan intensif merupakan komponen terbesar dalam suatu usaha budi daya 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 efektivitas kegiatan budi daya dapat menguntungkan.

Manajemen pemberian pakan pada suatu usaha budi daya ikan yang intensif harus dilakukan. Hal ini dikarenakan pada pengelolaan pemberian pakan dalam suatu usaha budi daya ada beberapa

elemen kritis yang harus diperhatikan antara lain adalah jumlah pakan per hari 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 budi daya ikan. Jumlah pakan yang akan diberikan setiap hari pada budi daya ikan secara intensif sangat bergantung pada faktor biotik dan faktor lingkungan di mana ikan itu hidup. Jumlah pakan yang akan diberikan setiap hari ini juga ditentukan pada perbandingan jumlah pakan yang akan diberikan. Pada suatu usaha budi daya ikan di mana terdapat beberapa fase kegiatan budi daya sehingga pakan yang akan diberikan pada setiap fase akan berbeda. Berdasarkan jumlah pakan yang harus diberikan dalam suatu usaha budi daya dapat dibedakan menjadi tiga kelompok berikut.

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* di mana pakan selalu tersedia dalam jumlah yang tidak dibatasi maka larva atau benih ikan ini dapat makan kapan pun juga sesuai dengan keinginan

ikan. Tetapi pemberian pakan secara berlebihan pada fase setelah larva atau nebih akan membawa dampak yang merugikan bagi sistem perairan dalam suatu usaha budi daya. Di mana pakan ikan yang berlebihan akan berpengaruh langsung terhadap organisme akuatik (ikan) yang hidup dalam wadah budi daya dan kondisi lingkungan budi daya tersebut. Pakan ikan yang berlebihan tidak akan dimakan oleh ikan dan akan terjadi penumpukan pakan pada wadah budi daya di dasar perairan. Penumpukan pakan ikan di dasar budi daya akan tercampur dengan hasil buangan ikan seperti feses, urine yang nantinya akan menghasilkan bahan-bahan toksik seperti amoniak, H_2S , dan sebagainya yang dihasilkan dari perombakan bahan-bahan organik tersebut. Kandungan toksik yang tinggi dalam wadah budi daya 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 budi daya 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 pembudi daya ikan untuk melakukan pemberian pakan pada

ikan yang dibudi dayakan dalam jumlah yang maksimal. Hal ini dapat dilakukan pada ikan budi daya yang benar-benar sudah diketahui daya tampung lambungnya secara maksimal dalam setiap pemberian pakan, sehingga pakan ikan yang diberikan semuanya dikonsumsi oleh ikan. Dalam kenyataannya sangat sulit bagi para pembudi daya 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 dibudi dayakan 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 budi daya ikan di mana para pembudi daya 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 budi daya ikan secara intensif biasanya jumlah pakan yang diberikan dibatasi jumlahnya berdasarkan hasil penelitian dan pengalaman di lapangan.

Berdasarkan pengalaman petani ikan mas di Jawa Barat dalam melakukan manajemen pemberian pakan dapat dilihat pada Tabel 6.10.

Tabel 6.10 Skedul Pemberian Pakan dalam Usaha Budi Daya Ikan Mas

Stadia Ikan	Umur Ikan	Ukuran Ikan	Bobot Ikan	Jenis Pakan	Dosis Pakan	Feeding Frekuensi
Larva	1–4 hr	0,5–0,6 hr	0,18–20 mg	Kuning telur	Adlibitum	–
Kebul	5 hr	1 cm	15–20 mg	Pakan alami & Emulsi	Adlibitum 1 g/1000	– 6–8 kali
Burayak				Emulsi	2 g/1000	6–8 kali
Putihan	5–10	1–3 cm	0,1–0,5 g	Emulsi	3 g/1000	6–8 kali
Benih	10–15 hr	3–5 cm	0,5–2,5 g	Emulsi	3 g/1000	6–8 kali
Induk	3 bl	8–12 cm	100 g	Remah	4% biomas	5 kali
				Pelet	3% biomas	4 kali
	6 bl	>12 cm	0,5 kg	Pelet	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 budi daya 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 tetapi harus disesuaikan dengan kondisi lahan di mana ikan mas tersebut dibudi dayakan. 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 di mana 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 mengkonsumsi 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 mulai dari bentuk remahan kemudian pelet berukuran 2 mm dengan jumlah pakan remahan sebanyak 4% dari total biomas sedangkan untuk pakan pelet 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 pelet 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. Aktivitas makan ikan mas akan meningkat pada

siang hari karena ikan mas termasuk jenis ikan diurnal. Oleh karena itu, dalam pemeliharaan di kolam juga diberikan pakan tambahan untuk memenuhi kebutuhan ikan mas terhadap pakan alami. Pada tahap calon induk sampai 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 dilakukan oleh Akiyama dalam Goddart (1996) merupakan salah satu komoditas organisme air yang mempunyai kebiasaan makan pada malam hari dapat dilihat pada Tabel 6.11.

Tabel 6.11 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%

Tabel di atas memperlihatkan 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 6.12, yang memperlihatkan jumlah pemberian pakan dari larva sampai ukuran siap panen semakin berkurang.

Tabel 6.12 Jumlah Pakan Harian pada Udang dengan Kelangsungan Hidup 80%

Berat Udang (gram)	Biomas (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

Berat Udang (gram)	Biomass (kg)	Feed Rate (%)	Jumlah Pakan Harian (kg)
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

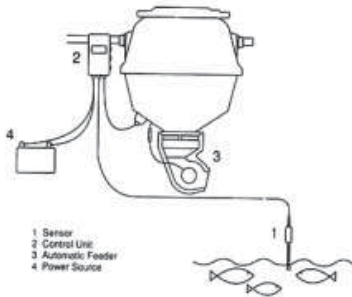
Pada beberapa negara yang sudah maju jika akan memberikan pakan pada suatu usaha budi daya ikan menggunakan beberapa alat yang dapat membantu proses pemberian pakan. Berdasarkan peralatan yang digunakan dalam melakukan pemberian pakan pada usaha budi daya ikan, ada beberapa metode pemberian pakan yang dapat dilakukan seperti berikut.

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 dibudi dayakan.



Gambar 6.13. Metode pemberian pakan dengan tangan

2. Pemberian pakan secara mekanik



Gambar 6.14. Metode pemberian pakan dengan *demand feeder*

Pemberian pakan dengan cara menggunakan alat bantu pakan yang digerakkan oleh tenaga mekanik, seperti *demand feeder* dan *automatically feeder* yang biasa digunakan pada budi daya ikan di kolam air deras.

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 di mana pada fase tersebut dibutuhkan pakan yang tepat jenis, ukuran dan jumlah di mana yang dimasukkan ke dalam pipa-pipa adalah pakan alami yang telah dibuat sedemikian rupa sehingga pipa yang berisi pakan alami ini masuk ke dalam 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 budi daya akan memudahkan untuk memantau perkembangan setiap kolam budi daya. Adapun data yang sebaiknya dicatat pada setiap kolam dalam manajemen pemberian pakan sebagai berikut.

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 budi daya jumlah ikan yang ditebar adalah 50.000 ekor, dengan berat rata-rata ikan pada waktu tebar adalah 5g, dengan perkiraan kelangsungan hidup adalah 90% dan jumlah pakan harian adalah 8%, maka jumlah pakan harian yang harus diberikan pada setiap kolam adalah : $5 \times 50.000 \times 0,9 \times 0,08 = 18 \text{ kg per hari}$.

6. Jumlah pakan selama pemeliharaan.

Dari contoh di atas 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 di atas jumlah pakan per hari 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. Jumlah pakan setiap kali pemberian adalah $18 \text{ kg} : 4 = 4,5 \text{ kg}$.

Dengan melakukan pencatatan akan jumlah pakan yang dihabiskan selama kegiatan budi daya dan dapat diprediksi hasil produksi dengan memperkirakan nilai konversi pakan dan efisiensi pakan dari kegiatan selama budi daya ikan.

6.6 Pakan dan Kualitas Air

Pakan yang diberikan kepada ikan sebagai organisme air akan selalu berhubungan dengan air sebagai media budi daya ikan. Pada budi daya ikan secara intensif penggunaan pakan buatan sangat mendominasi biaya produksi. Seperti kita ketahui pakan ikan yang diberikan selama kegiatan budi daya 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 antanutrien, 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 budi daya ikan secara intensif di mana 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 budi daya. Oleh karena itu, antara pemberian pakan dengan kualitas air di dalam budi daya ikan secara intensif sangat kompleks. Ada beberapa parameter kualitas air yang sangat mempengaruhi aktivitas makan, metabolisme dan pertumbuhan ikan di antaranya adalah suhu air dan tingkat kelarutan oksigen. Pakan yang diberikan dalam budi daya ikan intensif akan dikonsumsi oleh ikan dan ikan akan mengeluarkan buangan berupa limbah organik dan organik ke dalam wadah budi daya. 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 budi daya, sedangkan bahan limbah lainnya seperti phosphor 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 budi daya 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 budi daya yang dapat mengakibatkan racun bagi ikan yang dibudi dayakan. Jika kolam dalam kondisi optimal, amoniak dan racun lainnya masih dapat dinetralkan dan akan diubah menjadi mikronutrien untuk pertumbuhan pakan alami di kolam budi daya. Jika kesuburan perairan menjadi meningkat, 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 budi daya 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. 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 di bawah ini dan tabel 6.13.

Gambar Kebutuhan suhu pada ikan mas dan ikan brown trout

Tabel 6.13 Kisaran Suhu Optimum untuk Beberapa Ikan Budi Daya (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 di atas diketahui bahwa setiap jenis ikan mempunyai kebutuhan terhadap suhu yang berbeda, di mana 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 budi daya yang mempunyai suhu optimal.

Oksigen Terlarut

Dalam Bab II kita telah bahas secara detail tentang oksigen terlarut dalam wadah budi daya ikan . Pada bab ini akan dibahas kaitan antara kandungan oksigen terlarut dengan proses pemberian pakan. Kandungan oksigen terlarut dalam suatu wadah budi daya sangat berpengaruh terhadap aktivitas pemberian pakan, metabolisme, pertumbuhan, tipe, dan jumlah pakan yang akan diberikan. Kandungan oksigen terlarut dalam wadah budi daya ikan minimal 5 ppm. Semakin tinggi kandungan oksigen terlarut dalam

wadah budi daya 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. Proses metabolisme ini membutuhkan oksigen. Oleh karena itu, ketersediaan oksigen terlarut dalam wadah budi daya ikan mutlak diperlukan. Dengan adanya kecukupan oksigen yang terlarut dalam wadah budi daya, 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 di antaranya berat tubuh, suhu air, dan tingkat aktivitas ikan. Pada umumnya ikan yang berukuran besar mengkonsumsi oksigen lebih banyak per jamnya daripada ikan yang berukuran kecil. Tetapi jika dihitung per berat 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 di daerah 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 pernapasannya 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 diantaranya 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 budi daya.

Selama dalam pemeliharaan ikan yang dibudi dayakan selalu melakukan aktivitas makan. Selama proses pemberian pakan, aktivitas makan ikan akan meningkat dan kebutuhan ikan akan oksigen pun meningkat dan akan menurun kembali jika ikan tidak melakukan aktivitas makan. Pada suhu air yang meningkat tinggi biasanya kandungan oksigen terlarut akan di dalam wadah budi daya menurun, tetapi kebutuhan ikan akan oksigen terlarut meningkat karena nafsu makan ikan meningkat dan proses

metabolisme di dalam 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 budi daya ikan sangat diperlukan dalam melakukan manajemen pemberian pakan. Dengan mengetahui kandungan oksigen terlarut dalam wadah budi daya 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.

- 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 Promoter 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 Budi daya Perairan. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Andarwulan, dan S.Koswara. 1992. **Kimia Vitamin**. Rajawali Press. Jakarta.
- Anonymous. 1985. **Budi daya Rotifera (*Brachionus plicatilis OF Muller*)** Seri Ketiga. Proyek Penelitian dan Pengembangan Budi daya 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. A1
- A Avers CG. 1986. **Molecular Cell Biology**. Rutgers University. The Benjamin Cummings Publising Co. Inc. 832 p.
- Baustista-Teruel MN, Millamena OM. 1999. **Diet Development and Evaluation for Juvenile Abalone, *Haliotis Asinine*: 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. Research 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 Hormon 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 Budi daya 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. Illionis, 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.

LAMPIRAN A

- 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 Requirement 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 Hormon 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.Kryi; 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 Nutrition 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 Hormon 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 Budi Daya 2003 Pedoman Teknis Penanggulangan Penyakit Ikan Budi Daya Laut**. Departemen Kelautan dan Perikanan Republik Indonesia.
- Kurniastuty, dkk., 2004. **Hama dan Penyakit Ikan**. Balai Budi Daya 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.
- 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 Nostrad Reinhold. New York.
- Machin,L.J. 1990. **Handbook of Vitamin**. Second Edition Rivised 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.

LAMPIRAN A

- 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 al. 2001. ***Tilapia Chromosomal Growth Hormon 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. Springer-Verlag. New York. LLC.
- Sambrook.J, Frittsch, E.F, Maniatis,T. 1989. ***Molecular Cloning. A Laboratory Manual***. Second edition. Cold Spring Harbor Laboratory Press. USA.
- Suharsono dan Widyastuti,U. 2006. ***Penuntun Praktikum Pelatihan Teknik Dasar Pengklonan Gen***. Pusat Penelitian Sumber Daya Hayati dan Bioteknologi. Institut Pertanian Bogor.
- Suharsono. 2006. ***Prinsip Pengklonan Gen Melalui Teknologi DNA Rekombinan***. Pelatihan Teknik Dasar Pengklonan Gen. Bogor.
- Sumantri.D. 2006. ***Efektivitas Ovaprim dan Aromatase Inhibitor dalam Mempercepat Pemijahan pada Ikan Lele Dumbo Clarias sp. Skripsi. Departemen Budi daya 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. ***Budi daya 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. ***Budi Daya Ikan***. Jakarta: Depdikbud.
- Suseno, 1994. ***Pengelolaan Usaha Pembenihan Ikan Mas***. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Shepherd,J and Bromage, N. 2001. ***Intensive Fish Farming***. Blackwell Science Ltd. London.

LAMPIRAN A

- 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.
- Takeuch W. 1992. ***Fish Nutrition and Mariculture***. Departemen if 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 Budi daya 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 Fnal 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.

- Adenohipofisa : salah satu bagian dari kelenjar hipofisa yang mengandung sel-sel pensekresi hormon prolaktin, hormon Adrenocortico-tropic (ACTH), hormon pelepas tiroid (Thyroid Stimulating Hormon), hormon pertumbuhan (STH-Somatotropin) dan Gonadotropin. Pars intermedia mensekresi hormon pelepas melanosit (Melanocyte Stimulating Hormon).
- 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 dominasi, 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 di laut 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.

LAMPIRAN B

Androgen	: Hormon steroid jantan utama, misalnya testoteron.
Androgenesis	: Proses penjantanan bahan kimiawi yang membunuh bakteri atau menghambat pertumbuhannya.
Antibiotik	: Immunoglobulin pengikat antigen yang dihasilkan oleh sel limfosit B, berfungsi sebagai efektor dalam suatu respon imun.
Antibodi	: Makromolekul asing yang bukan merupakan bagian dari organisme inang dan yang memicu munculnya respon imun.
Antigen	: Molekul organik yang memiliki gugus karboksil maupun gugus amino.
Asam amino	: Asam amino berfungsi sebagai monomer protein.
Asam deoksiribonukleat	: Suatu molekul asam nukleat berbentuk heliks dan berantai deoksiribonukleat 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.
Asam lemak jenuh (Saturated fatty acid)	: Asam lemak di mana semua karbon dalam ekor hidrokarbonnya dihubungkan oleh ikatan tunggal, sehingga memaksimalkan 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.
Asam amin essensial	: Ada dua jenis yaitu DNA dan RNA. Asam amino yang tidak dapat disintesis sendiri oleh tubuh hewan sehingga harus tersedia dalam makanan.
Aseksual	: Perkembangbiakan tidak melalui perkawinan.

LAMPIRAN B

- Autosom : Kromosom yang secara tidak langsung terlibat dalam penentuan jenis kelamin, sebagai kebalikan dari kromosom seks.
- Auksospor : 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 zigot.
- 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.
- Budi daya : Usaha yang bermanfaat dan memberi hasil, suatu sistem yang digunakan untuk memproduksi sesuatu di bawah 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/cm³ atau jumlah sel/ml.
- Deoksiribosa : Komponen gula pada DNA, yang gugus hidroksilnya kurang satu dibandingkan dengan ribosa, komponen gula pada RNA.

LAMPIRAN B

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.
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	: Pengejawantahan 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 komplek yang dihasilkan oleh sel dan bekerja sebagai katalisator dalam berbagai proses kimia di dalam 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.

LAMPIRAN B

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 di antara 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.
Genom	: Turunan pertama atau turunan hibrid dalam fertilisasi-silang genetik.
Generasi F1	: Turunan pertama atau turunan hibrid dalam fertilisasi-silang genetik.
Generasi F2	: Keturunan yang dihasilkan dari perkawinan generasi hibrid F1.

LAMPIRAN B

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.

LAMPIRAN B

- 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 di dalam 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.
- Inkubasi : Masa penyimpanan.
- Interfase : Fase di mana 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 di bagian otak bawah yang menghasilkan berbagai macam hormon yang dibutuhkan pada makhluk hidup.
- Kromosom : Struktur pembawa gen yang mirip benang yang terdapat di dalam nukleus.

LAMPIRAN B

Kopulasi	: Proses perkawinan.
Kista	: Suatu stadia istirahat pada hewan cladosera 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 di sepanjang kromosom tertentu di mana 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 Nauplii	: Sekelompok sel anak (blastomer) yang terbentuk selama fase pembelahan zigot.
Neurohipofisa	: Bentuk stadia setelah menetas pada crustacea atau copepoda.
Omnivore	: Bagian dari kelenjar hipofisa, terdiri dari pars nervosa yang berfungsi mensekresi Oxytocin, Arginin Vasotocin, dan Isotocin.
Ovarium	: Organisme pemakan segala.

LAMPIRAN B

- Ovipar : Kelenjar kelamin betina yang menghasilkan ovum.
- Ovivipar : Berkembang biak dengan menghasilkan telur.
- Outbreeding : Berkembang biak dengan menghasilkan telur tetapi telur tersebut menetas dalam tubuh induknya.
- : Perkawinan antara individu-individu yang tidak sekerabat (berbeda induknya), masih dalam satu varietas atau beda varietas.
- 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 di mana individu yang dihasilkan mempunyai lebih dari dua set kromosom.
- Reproduksi : Proses pembalikan kelamin dengan menggunakan metode tertentu.
- 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 dengan menggunakan metode tertentu.

LAMPIRAN B

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 di mana spermatozoa dilepaskan dari cyste dan masuk ke dalam 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.
Zigot	: Sel diploid sebagai hasil perpaduan gamet jantan dan gamet betina haploid.

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