



PERANAN NUTRIEN DAN KEBUTUHAN NUTRISI IKAN

Peranan nutrisi dan kebutuhan nutrisi yang akan dipaparkan pada tulisan ini meliputi nutrisi makro yakni protein, karbohidrat dan lemak serta nutrien mikro yakni mineral dan vitamin.

A. Protein

Protein adalah nutrien yang dibutuhkan dalam jumlah besar pada formulasi pakan ikan. Nutrien dibutuhkan sebagai: bahan-bahan pembentuk jaringan tubuh yang baru (pertumbuhan) atau pengganti jaringan tubuh yang rusak, sebagai bahan baku untuk pembentukan enzim, hormon, antibodi dan bahan baku untuk penyusun protein plasma serta sebagai sumber energi.

Melihat pentingnya peranan protein di dalam tubuh ikan maka protein pakan perlu diberikan secara terus menerus dengan kualitas dan kuantitas yang memadai. Kualitas protein pakan, terutama ditentukan

oleh kandungan asam amino esensialnya, semakin rendah kandungan asam amino esensialnya maka mutu protein semakin rendah pula. Secara kuantitatif kebutuhan protein terkait dengan umur/ukuran, tingkat kematangan gonad, kondisi lingkungan dan kondisi fisiologis. New (1987) mengemukakan bahwa asam amino yang terkandung di dalam pakan dalam jumlah yang rendah akan bersifat sebagai *limiting aminoacid*. Untuk mengatasinya disarankan untuk meningkatkan kadar protein pakan dan menambah asam amino sintetik. Selanjutnya NRC (1983) mengemukakan bahwa kekurangan asam amino dapat mengakibatkan penurunan pertumbuhan.

Protein dalam pakan dengan nilai biologis tinggi akan memacu penimbunan protein tubuh lebih besar dibanding dengan protein yang bernilai biologis rendah. Peningkatan kelebihan energi dari pakan yang dikonsumsi menyebabkan jumlah total protein yang ditimbun menurun, akan tetapi bagian energi yang diretensi akibat meningkatnya energi yang dikonsumsi menyebabkan terjadinya penimbunan lemak tubuh. Atas

dasar ini maka pemberian protein pada pakan ikan harus berada pada batas tertentu agar dapat memberikan pertumbuhan maksimum bagi ikan dan efisiensi pakan yang tinggi.

Setiap ikan membutuhkan kadar protein yang berbeda-beda untuk pertumbuhannya dan dipengaruhi oleh umur/ukuran ikan, namun pada umumnya ikan membutuhkan protein sekitar 35 – 50% dalam pakannya (Hepher 1990). Ikan-ikan omnivora seperti ikan nila (*Oreochromis niloticus*) yang berukuran juvenil membutuhkan protein 35%, ikan mas (*Cyprinus carpio*) yang berukuran 121 gram membutuhkan 31,6% protein (Shimeno, Kheyyali dan Shikata 1995), ikan gurame (*Osphronemus gouramy*) yang berukuran 0,27 gram membutuhkan 43,29% (Mokoginta, 1994) dan yang berukuran 27 – 31 gram membutuhkan 32% protein (Suprayudi, Setiyawati, dan Mokoginta 1994).

Beberapa percobaan untuk mengetahui kebutuhan protein ikan bawal air tawar telah dilakukan. Macedo et al. dalam Hernandez, Takeuci dan Watanabe (1995), dari hasil percobaan tersebut dapat dikemukakan bahwa

kadar protein 22% sudah cukup untuk ikan yang berukuran 5 gram dan 18% untuk ikan yang berukuran 30 gram. Selanjutnya Eckmann (1987) melakukan percobaan pada ikan bawal air tawar berukuran juvenil, hasilnya menunjukkan bahwa pertumbuhan ikan lebih baik apabila protein pakan ditingkatkan dari 25% menjadi 37%.

Merola dan Cantelmo (1987) melakukan percobaan terhadap fingerling bawal air tawar yang berukuran 30 gram menggunakan pakan yang mempunyai kadar protein 30, 35 dan 40% serta mempunyai total energi yang sama yaitu sekitar 270 kkl DE/100 gram pakan. Hasilnya menunjukkan bahwa pakan yang mengandung 30% memberikan pertambahan bobot akhir tertinggi dan diikuti oleh pakan dengan protein 35 dan 40%. Namun ketiga tingkat tersebut tidak memberikan perbedaan yang nyata terhadap rata-rata bobot akhir, laju pertumbuhan harian dan efisiensi pakan. Beberapa percobaan diatas menunjukkan bahwa kebutuhan protein ikan bawal air tawar berukuran juvenil telah diketahui sedangkan kebutuhan protein dan energi

untuk ikan bawal air tawar yang berukuran benih belum banyak diketahui.

B. Lemak

Lemak pada pakan mempunyai peranan penting bagi ikan, karena berfungsi sebagai sumber energi dan asam lemak esensial, memelihara bentuk dan fungsi membran atau jaringan sel yang penting bagi organ tubuh tertentu, membantu dalam penyerapan vitamin yang terlarut dalam lemak, bahan baku hormon dan untuk mempertahankan daya apung tubuh (NRC 1993).

Lemak dalam satu unit yang sama mengandung energi dua kali lipat dibandingkan dengan protein dan karbohidrat. Jika lemak yang dikonsumsi dapat memberikan energi yang cukup untuk kebutuhan metabolisme, maka sebagian protein yang dikonsumsi dapat digunakan tubuh untuk pertumbuhan dan bukan digunakan sebagai sumber energi (NRC 1993).

Takeuci et al. (1987) dalam NRC (1993) mengemukakan bahwa kandungan protein pakan rainbow trout dapat diturunkan dari 48% menjadi 35% tanpa menurunkan penambahan bobot badan, jika kadar lemak

pakan ditingkatkan dari 15% menjadi 20%. Akan tetapi penambahan lemak didalam pakan perlu diperhatikan kuantitasnya, karena kadar lemak didalam pakan yang terlalu tinggi dapat menyebabkan penyimpanan lemak yang berlebihan didalam tubuh ikan (NRC 1993).

Lemak pakan harus mengandung asam lemak yang tidak dapat disintesis tubuh yaitu asam lemak esensial. Watanabe (1982) dalam NRC (1993) mengemukakan bahwa ikan rainbow trout yang mengalami defisiensi asam lemak esensial memperlihatkan gejala efisiensi pakan yang menurun, pertumbuhan rendah, erosi sirip dan mortalitas meningkat. Kebutuhan ikan akan asam lemak esensial berbeda untuk setiap spesies ikan (NRC 1983; Furuichi 1988). Perbedaan ini dihubungkan dengan habitatnya, ikan yang hidup di laut lebih memerlukan asam lemak n-3 atau kombinasi asam lemak n-3 dan n-6 (Hepper 1990). Sedangkan ikan yang hidupnya di air tawar membutuhkan asam lemak n-6.

Ikan mas membutuhkan 1% asam lemak linoleat (18:2n-6) dan 1% asam lemak linolenat (18:3n-3)

(Watanabe et al. 1977 *dalam* Furuchi 1988), *Tilapia zilli* membutuhkan 1% asam lemak linoleat atau 1% asam lemak n-6 berantai karbon panjang (20:4n-6) (Kanazawa et al. 1980, *dalam* Furuchi 1988) dan *Tilapia nilotica* hanya membutuhkan asam lemak linoleat 0.5% (Takeuchi et al. 1983 *dalam* Furuichi 1988). Hasil percobaan Supriatna (1988) menunjukkan bahwa ikan bawal air tawar yang berukuran benih membutuhkan asam lemak n-3 dan n-6 sebesar 0.85 – 0.99% pada kadar lemak pakan 8%.

C. Karbohidrat

Karbohidrat merupakan sumber energi yang relatif murah dan berguna sebagai prekursor berbagai hasil *metabolit intermedier* yang sangat diperlukan bagi pertumbuhan, misalnya biosintesis asam-asam amino non-esensial dan asam-asam nukleat (NRC 1993). Karbohidrat dalam pakan ikan terdapat dalam bentuk serat kasar dan bahan ekstrak tanpa N.

Ikan mempunyai kemampuan lebih rendah dalam memanfaatkan karbohidrat dibandingkan dengan hewan darat, namun karbohidrat harus tersedia dalam pakan

ikan, sebab jika karbohidrat tidak cukup tersedia maka nutrisi yang lain seperti protein dan lemak akan dimetabolisme untuk dijadikan energi sehingga pertumbuhan ikan akan menjadi lambat (Wilson 1994). Selanjutnya NRC (1993) mengemukakan bahwa pertumbuhan fingerling *catfish* lebih tinggi jika pakannya mengandung karbohidrat jika dibandingkan dengan hanya mengandung lemak sebagai sumber energi non proteinnya. Hasil percobaan Senappa dan Devaraj (1995) yang menggunakan tiga tingkat karbohidrat (15, 25 dan 35%) pada ikan Indian major carps (*Catla-catla*) menunjukkan bahwa pertumbuhan ikan yang terbaik adalah pada penggunaan karbohidrat 35%.

Ikan-ikan air tawar dan air laut mempunyai kemampuan yang berbeda dalam mencerna karbohidrat. Ikan air laut umumnya hanya mampu mencerna karbohidrat sekitar 20%, sedangkan ikan air tawar mampu mencerna karbohidrat diatas 20% yakni 30–40% untuk ikan Mas (Satoh 1991 *dalam* Wilson 1994).

D. Vitamin

Vitamin adalah senyawa organik kompleks, biasanya ukuran molekulnya kecil. Vitamin dibutuhkan oleh tubuh dalam jumlah yang sedikit sehingga keberadaannya dalam pakan dalam jumlah yang sedikit pula (1–4% dari total komponen pakan).

Vitamin dibutuhkan untuk pertumbuhan normal, mempertahankan kondisi tubuh dan reproduksi. Kekurangan vitamin dalam pakan ikan selain akan menyebabkan terganggunya pertumbuhan dan reproduksi juga dapat menimbulkan gejala penyakit kekurangan vitamin (Tabel 5.1).

Tabel 5.1. Gejala-gejala kekurangan zat gizi (vitamin) pada ikan

No.	Gejala	Kekurangan zat gizi (vitamin)
1.	Anemia	Folic acid, inositol, pyridoxine, riboflavin, rancid fat, vitamin B12, C, E dan K
2.	Anorexia (poor appetie)	Biotin, folid acid, inositol, niacin, pantothenic acid, pyridoxine, riboflavin, thiamine, vitamin A, B12 dan C
3.	Ascites	Vitamin A, C dan E
4.	Ataxia	Pantothenic acid, pyridoxine dan riboflavin
5.	Atrophyn gills	Pantothenic acid
6.	Atrophyn muscle	Biotin, thiamine
7.	Calcinosis, renal	Magnesium
8.	Cartilage abnormality	Vitamin C, tryptophan

9.	Cataract	Methionine, riboflavin, thiamine, zinc
10.	Ceroid liver	Rancid fat, vitamin E
11.	Cloudy lens	Methionine, riboflavin, zinc
12.	Lubbed gills	Pantothenic acid
13.	Clotting of blood, slow	Vitamin K
14.	Colouration, dark skin	Biotin, folic acid, pyridoxine, riboflavin
15.	Convulsions	Biotin, pyridoxine, thiamine
16.	Discolouration of skin	Fatty acids, thiamine
17.	Deformation: bone	Phosphorous
18.	Deformation: lens	Vitamin A
19.	Degeneration of gills	Biotin
20.	Dermatitis	Pantothenic acid
21.	Diathesis, exudative	Selenium
22.	Disease resisten, low	Protein, vitamin C
23.	Distended stomach	Inositol
24.	Dystrophy, muscular	Selenium, vitamin E
25.	Epicarditis	Vitamin E
26.	Equilibrium loss	Pyridoxin, thiamine
27.	Erosion of fin	Fatty acids, riboflavin, vitamin A, zinc
28.	Exophthalmos	Pyridoxin, vitamin A, C dan E
29.	Exudated gills	Pantothenic acid
30.	Fatty liver	Biotin, choline, fatty acids, inositol, vitamin E
31.	Feed efficiency, poor	Biaotin, calcium, choline, energy, fat, folic acid, inositol, niacin, protein, riboflavin
32.	Fragility: erythrocytes	Biotin, vitamin E
33.	Fragility: fin	Folic acid
34.	Fragmentation: erythrocytes	Biotin, vitamin B12 dan E
35.	Gasping, rapid	Pyridoxine
36.	Goitre	Iodine
37.	Growth, poor	Biotin, calcium, choline, energy, fat, folic acid, inositol, niacin, pantothenicacid, protein, pyridoxine, riboflavin, thiamine, vitaminA, B12, C, D dan E
38.	Haematocrite, reduced	Iron, vitamin C dan E
39.	Haematocrite: low	Iron, vitamin C dan B12
40.	Haematocrite: eye	Riboflavin, vitamin A
41.	Haematocrite: gills	Vitamin C
42.	Haematocrite: kidneys	Choline, vitamin A dan C

43.	Haematocrite: liver	Vitamin C
44.	Haematocrite: skin	Niacin, pantothenic acid, riboflavin, vitamin A dan C
45.	Irritability	Fatty acid, pyridoxine, thiamine
46.	Lesion: colon	Biotin, niacin
47.	Lesion: eye	Methionine, riboflavin, vitamin A dan C, zinc
48.	Lesion: skin	Biotin, inositol, niacin, pantothenic acid
49.	Lethargy	Folic acid, niacin, pantothenic acid, thiamine, vitamin C
50.	Lipoid liver	Fatty acid, rancid fat
51.	Lordosis	Vitamin C
52.	Myopathy, cardiac	Essential fatty acids
53.	Necrosis, liver	Pantothenic acid
54.	Nerve disorder	Pyridoxine, thiamine
55.	Oedema	Niacin, pyridoxine, thiamine, vitamin A dan E
56.	Pale liver (glycogen)	High digestible carbohydrate, biotin
57.	Photophobia	Niacin, riboflavin
58.	Pinhead	Starvation
59.	Pigmentation, iris	Riboflavin
60.	Prostration	Pantothenic acid, vitamin C
61.	Rigor mortis, rapid	Pyridoxine
62.	Scoliosis	Phosphorus, tryptophan, vitamin C dan D
63.	Shock syndrome	Essential fatty acids
64.	Slime, blue	Biotin, pyridoxin
65.	Spasm, muscle	Niacin
66.	Swimming, erratic	Pyridoxine, pantothenic acid
67.	Tetany, white muscle	Niacin, vitamin D
68.	Vascularisation, cornea	Riboflavin

Sumber: NRC (1981, 1983)

Ada empat jenis vitamin yang larut dalam lemak yang dibutuhkan oleh ikan yakni vitamin A, D, E dan K dan sebelas jenis vitamin yang larut dalam air. Beberapa jenis vitamin yang larut dalam air berperan sebagai co enzim dalam proses metabolisme, secara umum vitamin

berkaitan dengan metabolisme dalam tubuh sehingga keberadaannya mutlak dibutuhkan.

Kebutuhan vitamin pada ikan dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain: ukuran/umur, laju pertumbuhan, suhu air dan komposisi pakan. Sebagai contoh, kebutuhan vitamin E meningkat dengan meningkatnya kandungan asam lemak tak jenuh dalam pakan. Contoh kadar vitamin dalam pakan ikan Salmon dapat dilihat pada Tabel 5.2, sedangkan beberapa bahan yang dapat dijadikan sumber vitamin dapat dilihat pada Tabel 5.3.

Tabel 5.2 Kadar vitamin dalam pakan ikan Salmon

Vitamin	Tingkatan yang direkomendasikan	Kode gejala kekurangan (lihat no. Tabel 3)
Larut didalam lemak:		
- vitamin A (IU/kg pakan)	3500	3, 18, 27, 28, 40, 42, 44, 47, 55
- vitamin D (IU/kg pakan)	3000	62, 67
- vitamin E (IU/kg pakan)	100	1, 3, 10, 24, 25, 28, 30, 32, 34
- vitamin K (mg/kg pakan)	10	1, 13
Larut didalam air (mg/kg pakan):		
- Ascorbic acid	300	1, 3, 8, 22, 28, 43, 49, 51, 60
- B12	0.02	1, 34, 39
- Biotin	0.4	6, 14, 15, 19,30, 32, 34, 46, 64
- Cholin	3000	30, 42
- Folic acid	5	1, 14, 33, 49
- Inositol	400	1, 23, 30,48
- Niacin	150	1, 25, 44, 46, 48, 49, 57, 65, 67

- Pantothenic acid	60	4, 5, 12, 20, 29, 48, 53, 60, 66
- Pyridoxine	10	4, 14, 15, 26, 35, 54, 61, 64, 66
- Riboflavin	20	9, 11, 14, 27, 40, 47, 57, 59, 68
- Thiamine	10	6, 9, 15, 16, 55, 26, 45, 49, 54

Sumber: NRC (1981)

Tabel 5.3 Beberapa sumber vitamin pada pakan ikan

Vitamin	Sumber
B ₁ , thiamine	Kacang-kacangan, dedak, ragi
B ₂ , riboflavin	Ragi, hati, susu, bungkil kedele
B ₅ , pantothenic acid	Dedak, ragi, sisa hewan, daging ikan
B ₆ , pyridoxine	Ragi, biji-bijian, hati
B ₁₂ , cyanocobalamin	Tepung ikan dan jeroan, buangan rumah potong hewan
C, ascorbic acid	Ikan segar, serangga
Niacin	Ragi, kacang-kacangan, makanan hewan
Biotin	Hati, ragi, susu
Folic acid	Ragi, daging ikan dan jeroan, tepung daun
Choline	Tepung gandum, kacang-kacangan
Inositol	Kacang-kacangan, ragi, tepung gandum
A, retinol	Minyak ikan
D, calciferol	Minyak ikan
E, tocopherol	Minyak sayur
K, menadione	Tepung daun, alfalfa

Sumber: New (1987)

E. Mineral

Mineral merupakan komponen pakan yang sangat dibutuhkan oleh tubuh yakni sebagai pembentuk struktur tubuh (rangka), memelihara sistem kaloid (tekanan osmotik, viskositas) dan regulasi keseimbangan asam basa (Hall 1989). Disamping itu mineral juga merupakan

komponen penting dari hormon dan aktivator enzim (kofaktor).

Kebutuhan ikan akan mineral bervariasi, bergantung kepada jenis ikan, stadium, status reproduksi (Shearer 1984 *dalam* Halver 1989), jenis pakan alami yang biasa dimakan, lingkungan hidup dan kemampuan ikan tersebut dalam menyerap mineral dari lingkungan hidupnya (Halver 1989). Pada ikan-ikan yang mempunyai kemampuan untuk menyerap mineral dari air (lingkungan hidupnya) atau biasa memakan pakan alami maka penambahan mineral dalam pakan buatan yang diberikan tidak sebesar pada ikan yang tidak mampu menyerap mineral dari air atau memakan pakan alami dari perairan. Secara umum kebutuhan mineral untuk ikan dapat dilihat pada Tabel 5.4.

Menurut Castel, et al. (1979) *dalam* Halver (1989), ikan Salmon mampu menyerap mineral-mineral seperti Ca, Mg, K, Na, Zn, Cu dari perairan. Telur-telur ikan juga dapat menyerap mineral dari lingkungan hidupnya, seperti pada telur ikan rainbow trout yang sedang ditetaskan dapat menyerap mineral Ca, Na, K, Fe,

dan Zn, sampai larva habis kuning telur. Selanjutnya diduga mineral fosfor dan cuprum yang ditemukan dalam tubuh larva berasal dari telur yang tidak dibuahi (Zeiton et al. 1979 *dalam* Halver 1989). Peningkatan kandungan Mn pada telur ikan *Salmo salar* dan *Oryzias latipes* dilaporkan oleh Lall dan Hines (1985); Hori dan Iwasaki (1976) *dalam* Halver (1989).

Tabel 5.5. Kebutuhan mineral secara umum untuk ikan budidaya

Jenis Mineral	Kebutuhan (per kg berat kering pakan)
Kalsium	5 g
Fosfor	7 g
Magnesium	500 mg
Sodium	1 – 3 g
Potassium	1-3 g
Sulfur	3 – 5 g
Chlorine	1 – 5 g
Iron	50 -100 g
Copper	1 – 4 g
Mangan	20 – 50 g
Cobalt	5 – 10 g
Zinc	30 – 100 g
Iodine	100 – 300 g

Sumber : Cho dan Schell (1980) *dalam* Hephher (1990)

Sebagian besar organisme air seperti phytoplankton dan zooplankton mampu menyerap mineral dari air. Pada phytoplankton di laut yang hidup di permukaan air mempunyai kandungan trace mineral

yang tinggi, sedangkan kandungan Cd, Cu, dan Zn dengan konsentrasi tinggi ditemukan pada zooplankton. Pada ikan-ikan pemakan plankton di dalam tubuhnya mengandung Cu dan Zn lebih banyak dibandingkan ikan bukan pemakan plankton (Halver 1989). Konsentrasi Ca, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Na, P, Sr dan Zn pada ikan rainbow trout ukuran juvenil lebih tinggi dibandingkan pada ukuran dewasa. Selama pematangan gonad pada ikan betina terlihat adanya penurunan kandungan Mn, Fe dan Zn pada tubuh ikan rainbow trout (Shearer 1984 *dalam* Halver 1989).

Di perairan terdapat berbagai jenis mineral terlarut, mineral-mineral tersebut dapat dimanfaatkan oleh ikan. Mineral-mineral yang ada di perairan masuk ke dalam tubuh melalui proses ingesti dan difusi. Selain dapat dipenuhi dari perairan, dan bahan pakan sumber mineral lainnya yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber mineral adalah mineral yang sudah dimurnikan dan biasanya berbentuk dalam senyawa garam yang biasanya dipakai dan dicampur dalam formulasi pakan untuk ikan dan udang (Tabel 5.6).

Tabel 5.6. Jenis dan komposisi mineral dalam bentuk senyawa garam

Senyawa garam	Formula	% Mineral
CALCIUM		
- Calcium carbonate	CaCO_3	40.05% Ca, 59.95% CO_3
- Dicalcium phosphate, anhydrous	CaHPO_4	29.46% Ca, 22.77% P
- Dicalcium phosphate, dihydrate	$\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	23.29% Ca, 18.01% P
- Tricalcium phosphate	$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$	38.76% Ca, 19.97% P
- Calcium sulphate	CaSO_4	29.43% Ca, 70.57% SO_4
- Bonemeal		30.00% Ca, 15.00% P
- Oystershell grit		38.00% Ca
- Ground limestone	CaCO_3	38.00% Ca
CHLORIDE		
- Sodium chloride	NaCl	60.65% Cl, 39.35% Na
- Potassium chloride	KCl	47.56% Cl, 52.44% K
CHLORUM		
- Chromic chloride	CrCl_2	32.82% Cr, 67.18% Cl
COBALT		
- Cobalt chloride, pentahydrate	$\text{CoCl}_2 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	26.80% Co, 32.28% Cl
- Cobalt chloride, hexahydrate	$\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	24.77% Co, 29.64% Cl
COPPER		
- Copper sulphate	CuSO_4	39.81% Cu, 60.19% SO_4
- Copper sulphate, pentahydrate	$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	25.46% Cu, 38.49% SO_4
- Copper chloride	CuCl_2	47.27% Cu, 52.73% Cl
IODINE		
- Potassium iodide	KI	76.45% I, 23.55% K
- Potassium iodate	KIO_3	59.31% I, 18.27% K
- Calcium iodate	$\text{Ca}(\text{IO}_3)_2$	65.09% I, 10.28% Ca
- Sodium iodide	NaI	84.68% I, 15.32% Na
- Ethylenediamine dihydriodide	$\text{C}_2\text{H}_8\text{N}_2 \cdot 2\text{HI}$	78.73% I
IRON		
- Ferrous sulphate, heptahydrate	$\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	20.09% Fe, 34.59% SO_4
MAGNESIUM		
- Magnesium carbonate	MgCO_3	28.84% Mg, 71.16% CO_3
- Magnesium sulphate	MgSO_4	20.19% Mg, 79.81% SO_4
- Magnesium sulphate, heptahydrate	$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	9.87% Mg, 39.01% SO_4

MANGANESE

- Manganese dioxide	MnO ₂	63.19% Mn
- Manganese carbonate	MnCO ₃	47.79% Mn, 52.21% CO ₃
- Manganese chloride, tetrahydrate	MnCl ₂ .4H ₂ O	27.26% Mn, 35.86% Cl
- Manganese sulphate	MnSO ₄	36.36% Mn, 63.64% SO ₄
- Manganese sulphate, hydrate	MnSO ₄ .H ₂ O	32.49% Mn, 56.86% SO ₄
- Manganese sulphate, tetrahydrate	MnSO ₄ .4H ₂ O	24.63% Mn, 43.10% SO ₄

MOLYBDENUM

- Sodium molybdate, dihydrate	Na ₂ MoO ₄ .2H ₂ O	39.66% Mo, 19.01% Na
- Sodium molybdate, pentahydrate	Na ₂ MoO ₄ .5H ₂ O	35.15% Mo, 8.43% Na

PHOSPHOROUS

- Potassium orthophosphate	K ₂ HPO ₄	17.79% P, 44.09% K
- Potassium dihydrogen orthophosphate	KH ₂ PO ₄	22.76% P, 28.73% K
- Sodium hydrogen orthophosphate	Na ₂ HPO ₄	21.82% P, 32.40% Na
- Rock phosphate	(Ca ₃ (PO ₄) ₂) ₃ CaF ₂	13.00% P, 35.00% Ca

POTASSIUM

- Potassium chloride	KCl	52.44% K, 47.56% Cl
- Potassium carbonate	K ₂ CO ₃	56.58% K, 43.42% CO ₃
- Potassium bicarbonate	KHCO ₃	39.05% K, 60.95% HCO ₃
- Potassium acetate	KC ₂ H ₃ O ₂	39.84% K, 60.16% C ₂ H ₃ O ₂
- Potassium orthophosphate	K ₃ PO ₄	52.25% K, 14.59% P
- Potassium sulphate	K ₂ SO ₄	44.87% K, 55.13% SO ₄

SELENIUM

- Sodium selenite	Na ₂ SeO ₃	45.65% Se, 26.60% Na
- Sodium selenite	NaSeO ₄	41.79% Se, 24.34% Na

SODIUM

- Sodium chloride	NaCl	39.35% Na, 60.65% Cl
- Sodium bicarbonate	NaHCO ₃	27.38% Na, 72.62% HCO ₃
- Sodium sulphate	Na ₂ SO ₄	32.39% Na, 67.61% SO ₄

ZINC

- Zinc carbonate	ZnCO ₃	52.14% Zn, 47.86% CO ₃
- Zinc chloride	ZnCl ₂	47.97% Zn, 52.03% Cl
- Zinc oxide	ZnO	80.35% Zn
- Zinc sulphate	ZnSO ₄	40.47% Zn, 59.33% SO ₄
- Zinc sulphate, hydrate	ZnSO ₄ .H ₂ O	36.42% Zn, 53.55% SO ₄
- Zinc sulphate, heptahydrate	ZnSO ₄ .7H ₂ O	22.70% Zn

Sumber : Cho dan Schell (1980) dalam Hephher (1990)

F. Keseimbangan Protein dan Energi

Ketersediaan energi sangat penting diperhatikan dalam pakan ikan. Energi sangat diperlukan ikan untuk mengaktivasi proses metabolisme, aktivitas fisik (berenang dalam rangka mencari makanan dan bereproduksi), aktivitas mencerna dan maintenance tubuh (ekskresi, osmoregulasi). Energi yang dibutuhkan untuk kegiatan-kegiatan tersebut berasal dari pakan yang dikonsumsi. Besarnya energi yang dikonsumsi oleh ikan dipengaruhi oleh ketersediaan energi di dalam pakan, kondisi fisik ikan dan kondisi perairan (suhu dan oksigen terlarut).

Pertumbuhan ikan sangat bergantung kepada energi yang tersedia dalam pakan dan pembelanjaan energi tersebut. Kebutuhan energi untuk maintenance harus dipenuhi terlebih dahulu, apabila berlebih maka kelebihannya akan digunakan untuk pertumbuhan (Lovell 1989). Hal ini berarti apabila energi dalam pakan jumlahnya terbatas maka energi tersebut hanya untuk memenuhi kebutuhan metabolisme saja dan tidak untuk pertumbuhan.

Pertumbuhan atau pembentukan jaringan tubuh baru paling besar dipengaruhi oleh keseimbangan protein dan energi dalam pakan. Pakan yang mempunyai kadar protein yang tinggi belum tentu dapat mempercepat pertumbuhan apabila kandungan energi pakannya rendah. Karena energi pakan terlebih dahulu dipakai untuk kegiatan metabolisme standar (maintenance) seperti untuk respirasi, transpor ion dan pengaturan suhu tubuh serta untuk aktivitas fisik lainnya. Energi untuk seluruh aktivitas tersebut diharapkan sebagian besar berasal dari nutrien non protein (lemak dan karbohidrat). Apabila sumbangan dari bahan non protein rendah, maka protein akan didegradasi untuk menghasilkan energi, sehingga fungsi protein sebagai nutrien pembangun jaringan tubuh akan berkurang. Dengan kata lain, penambahan nutrien non protein berperan sebagai penghasil energi (*protein sparing effect*) sehingga dapat meningkatkan fungsi protein dalam menunjang pertumbuhan ikan (Furuichi 1988)

Dalam penyusunan ransum ikan perlu diperhatikan keseimbangan antara protein dan energi.

Pakan yang kandungan energinya kurang akan menyebabkan ikan menggunakan sebagian protein sebagai sumber energi untuk keperluan metabolismenya sehingga bagian protein untuk pertumbuhan menjadi berkurang. Sebaliknya jika kandungan energi pakan terlalu tinggi akan membatasi jumlah pakan yang dimakan oleh ikan. Keadaan ini juga akan membatasi jumlah protein yang dimakan ikan, akibatnya pertumbuhan ikan menjadi relatif rendah (Lovell 1989).

Demikian pula dengan ketersediaan protein dalam pakan harus optimal. Apabila ketersediaan protein dalam pakan tidak mencukupi maka pertumbuhan ikan akan berkurang atau terjadi penurunan bobot tubuh, karena protein dalam jaringan tubuh akan dimanfaatkan kembali untuk fungsi fisiologis jaringan yang lebih penting. Sebaliknya jika kadar protein cukup tinggi dan melebihi kebutuhan ikan, maka kelebihan protein itu akan dideaminasi dan proses ini membutuhkan energi, sehingga energi yang digunakan untuk membangun tubuh berkurang (NRC 1983). Oleh karena itu agar pertumbuhan ikan dapat mencapai nilai maksimal maka

dalam penyusunan ransum perlu diperhatikan keseimbangan antara kandungan protein dengan kandungan energinya.

Kebutuhan akan protein dan energi pada setiap spesies berbeda dan dipengaruhi oleh umur/ukuran ikan. Shiau dan Huang (1990) melakukan penelitian terhadap *tilapia* berukuran $1,6 \pm 2,05$ gram dan menggunakan pakan berkadar protein 21 dan 24% serta beberapa tingkatan energi (190, 230, 270, 310, 350 dan 390 kkal DE/100 gram). Hasil penelitian menunjukkan bahwa pertumbuhan ikan meningkat seiring dengan peningkatan kadar energi. Namun ketika energi pakan mencapai lebih dari 310 kkal DE/100 gram pada kadar protein 21% dan 230 kkal DE/100 gram pada protein 24%, bobot ikan tidak lagi mengalami pertambahan, hal ini disebabkan karena kandungan protein dan energi pakan tersebut sudah melebihi kebutuhan ikan.

Kebutuhan ikan Indian mayor carp (*Catla-catla*) yang berukuran 1.05 gram akan protein dan energi adalah 35% dan 2,42 kkal DE/gram (Seenappa dan Devaraj 1995) selanjutnya Khan *et al.* (1993) mengemukakan

bahwa kebutuhan ikan Malaysian Freshwater catfish (*Mytus nemurus*) yang berukuran 25,4 gram akan protein adalah 42% dan energi 3.69 kkal DE/gram. Reis, Reutebuch dan Lovell (1989) menyatakan bahwa kebutuhan ikan channel catfish (*Ictalurus punctatus*) yang berukuran 63,8 gram akan protein adalah 39% dan energi 3,05 kkal DE/gram.

Stikney dan Lovell *dalam* NRC (1983) melaporkan bahwa rasio energi dan protein sebesar 8-9 kkal/gram protein memberikan pertumbuhan maksimal pada fingerling channel catfish. Selanjutnya Garling dan Wilson *dalam* NRC (1983) menyarankan agar keseimbangan optimum antara energi dan protein untuk pertumbuhan channel catfish muda adalah 9,6 kkalDE/gram dengan kadar protein 32-35%.