

MANAJEMEN PEMBUATAN DAN PEMBERIAN PAKAN IKAN



PENULIS:

- Dahlia Wulan Sari
- Sahabuddin
- Dian Lestari
- Atika Marisa Halim
- Annisa Bias Cahyanurani
- Shobrina Silmi Qori Tartila
- Tina Purnamasari
- Darsiani
- Desi Rahmadani Siagian
- Asep Akmal Aonullah
- Rudiansyah
- Wastu Ayu Diamahesa
- Fauzia Nur

MANAJEMEN PEMBUATAN DAN PEMBERIAN PAKAN IKAN

**Dahlia Wulan Sari
Sahabuddin
Dian Lestari
Atika Marisa Halim
Annisa Bias Cahyanurani
Shobrina Silmi Qori Tartila
Tina Purnamasari
Darsiani
Desi Rahmadani Siagian
Asep Akmal Aonullah
Rudiansyah
Wastu Ayu Diamahesa
Fauzia Nur**



GETPRESS INDONESIA

MANAJEMEN PEMBUATAN DAN PEMBERIAN PAKAN IKAN

Penulis :

Dahlia Wulan Sari
Sahabuddin
Dian Lestari
Atika Marisa Halim
Annisa Bias Cahyanurani
Shobrina Silmi Qori Tartila
Tina Purnamasari
Darsiani
Desi Rahmadani Siagian
Asep Akmal Aonullah
Rudiansyah
Wastu Ayu Diamahesa
Fauzia Nur

ISBN : 978-623-198-725-9

Editor : Diana Purnama Sari, M.E.
Mila Sari, M.Si.

Penyunting: Yuliatr Novita, M.Hum.

Desain Sampul dan Tata Letak : Tri Putri Wahyuni, S.Pd.

Penerbit: CVGETPRESS INDONESIA
Anggota IKAPI No. 033/SBA/2022

Redaksi:

Jl. Palarik RT 01 RW 06, Kelurahan Air Pacah
Kecamatan Koto Tengah, Padang, Sumatera Barat

website: www.getpress.co.id
email: adm.getpress@gmail.com

Cetakan pertama, Oktober 2023

Hak cipta dilindungi undang-undang
Dilarang memperbanyak karya tulis ini dalam bentuk
dan dengan cara apapun tanpa izin tertulis dari penerbit.

KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan puji syukur kehadiran Allah SWT, atas limpahan rahmat dan hidayahNya, maka Penulisan Buku dengan judul Manajemen Pembuatan dan Pemberian Pakan Ikan dapat diselesaikan dengan kerjasama tim penulis. Manajemen Pembuatan dan Pemberian Pakan Ikan merupakan buku yang memberikan pemahaman mengenai bagaimana pakan ikan yang baik dan bagus. Buku ini berisikan bahasan mengenai pentingnya pakan bagi ikan, bioenergetika dan aplikasinya dalam budidaya ikan, pakan buatan, komposisi dan analisis bahan pakan hewani, komposisi dan analisis bahan pakan nabati, bahan baku pakan ikan yang berasal dari sisa hasil buangan pabrik, penyusunan formulasi pakan, uji kualitas pakan ikan, tipe pakan dan penggunaannya, penanganan dan penyimpanan pakan, penanganan dan penyimpanan pakan, metode dan teknik pemberian pakan pada ikan, dan mekanisme dan interaksi faktor lingkungan dan pemberian pakan.

Buku ini masih banyak kekurangan dalam penyusunannya. Oleh karena itu, kami sangat mengharapkan kritik dan saran demi perbaikan dan kesempurnaan buku ini selanjutnya. Kami mengucapkan terima kasih kepada berbagai pihak yang telah membantu dalam proses penyelesaian Buku ini. Semoga Buku ini dapat menjadi sumber referensi dan literatur yang mudah dipahami.

Padang, September 2023

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	ii
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR TABEL	vii
BAB 1 PENTINGNYA PAKAN BAGI IKAN	1
1.1 Pendahuluan	1
1.2 Ilmu Nutrisi	3
1.2.1 Makronutrisi	3
1.2.2 Mikronutrisi	6
1.3 Pencernaan Ikan	9
1.3.1 Mulut	10
1.3.2 Faring dan Esofagus	11
1.3.3 Lambung	11
1.3.4 Usus	12
1.3.5 Anus	12
1.3.6 Kelenjar Pencernaan	12
1.4 Kebiasaan Makan Ikan	13
DAFTAR PUSTAKA	14
BAB 2 BIOENERGETIKA DAN APLIKASINYA DALAM BUDIDAYA IKAN ...	17
2.1 Pendahuluan	17
2.2 Energi	18
2.2.1 Definisi	18
2.2.2 Persamaan Energi	20
2.2.3 Unit Pengukuran Energi	21
2.3 Aliran Dan Pemanfaatan Energi	21
2.3.1 Aliran Energi	22
2.3.2 Sumber Energi	24
2.3.3 Pemanfaatan Energi	27
2.3.4 Energi yang Hilang	29
2.3.5 Kebutuhan Energi	30
2.3.6 Faktor yang Mempengaruhi Kebutuhan Energi	32
2.4 Aplikasi Bioenergetika dalam Budidaya	34
DAFTAR PUSTAKA	37
BAB 3 GIZI BAHAN BAKU PAKAN IKAN	39
3.1 Pendahuluan	39
3.2. Karbohidrat	40
3.2.1. Monosakarida	41
3.2.2. Disakarida	42
3.2.3. Oligosakarida	42
3.2.4. Polisakarida	43
3.3. Protein	45
3.4. Lemak	47
DAFTAR PUSTAKA	50
BAB 4 PAKAN BUATAN	51

4.1 Pendahuluan	51
4.2 Ruang Lingkup Pakan Buatan	52
DAFTAR PUSTAKA	61
BAB 5 KOMPOSISI DAN ANALISIS BAHAN PAKAN HEWANI	63
5.1 Pendahuluan	63
5.2 Bahan Baku Pakan	64
5.3 Bahan Baku Pakan Hewani	65
5.3.1 Tepung Ikan	65
5.3.2 Tepung Daging Tulang (<i>Meat and Bone Meal</i> /MBM)	67
5.3.3 Tepung Darah (<i>Blood Meal</i> /BM)	69
5.3.4 Tepung Rebon dan Benawa	70
5.3.5 Tepung Kepala Udang	71
5.3.6 Tepung Maggot	72
5.3.7 Tepung Bekicot	73
DAFTAR PUSTAKA	74
BAB 6 KOMPOSISI DAN ANALISIS BAHAN PAKAN NABATI	77
6.1 Pendahuluan	77
6.2 Tepung Kedelai (<i>Soybean meal</i>)	79
6.3 Dedak & Bekatul Padi (<i>Rice bran</i>)	81
6.4 Tepung Tapioka	82
6.5 Tepung Jagung (<i>Corn meal</i>)	83
6.6 Fitokimia	84
DAFTAR PUSTAKA	88
BAB 7 BAHAN BAKU PAKAN IKAN	
YANG BERASAL DARI SISA HASIL BUANGAN PABRIK	95
7.1 Pendahuluan	95
7.2 Jenis-jenis Limbah Organik sebagai Bahan Baku Pakan Ikan	96
7.2.1 Limbah Organik Rumah Tangga	97
7.2.2 Limbah Organik Industri	97
7.2.3 Limbah Organik Sisa Buangan Pabrik berasal dari Hewan (Hewani)	98
7.2.4 Limbah Organik Sisa Buangan Pabrik berasal dari Tanaman (Nabati)	104
DAFTAR PUSTAKA	108
BAB 8 PENYUSUNAN FORMULASI PAKAN	110
8.1 Pendahuluan	111
8.2 Pemilihan Bahan Baku Pakan Berdasarkan Kebutuhan Nutrisi Kultivan	112
8.2.1 Makronutrien	115
8.2.2 Kebutuhan Protein	115
8.2.3 Kebutuhan Lemak	115
8.2.4 Kebutuhan Karbohidrat	116
8.2.5 Kebutuhan Serat	116
8.2.6 Kebutuhan Mikronutrien (Vitamin dan Mineral)	117
8.3 Jenis Bahan Baku Pakan dan Nutrisinya	118

8.4 Metode Penyusunan Formulasi Pakan.....	120
8.4.1 Metode <i>Pearsons Square</i>	120
8.4.2 Linear	123
8.4.3 <i>Trial and Error</i> (Coba-coba).....	123
8.4.4 <i>Work Sheet</i>	124
8.4.5 Metode Aljabar.....	125
DAFTAR PUSTAKA.....	127
BAB 9 UJI KUALITAS PAKAN IKAN.....	131
9.1 Pendahuluan.....	131
9.2 Pengujian Kualitas Pakan.....	132
9.2.1 Uji Fisik.....	132
9.2.2 Uji Kimiawi.....	134
9.2.3 Uji Biologis.....	136
DAFTAR PUSTAKA.....	141
BAB 10 TIPE PAKAN DAN PENGGUNAANNYA.....	143
10.1 Pendahuluan	143
10.2 Jenis - Jenis Pakan	143
10.3 Penggunaan Pakan Ikan.....	146
10.4 Tipe Pakan Alami dan Penggunaannya	148
10.5 Tipe Pakan Buatan dan Penggunaannya.....	154
DAFTAR PUSTAKA.....	158
BAB 11 PENANGANAN DAN PENYIMPANAN PAKAN	161
11.1 Pendahuluan	161
11.2 Kualitas Pakan	163
11.2.1 Pertumbuhan Jamur	164
11.2.2 Penurunan Kandungan Vitamin	164
11.2.3 Tengik Akibat Lipid.....	166
11.3 Penanganan Pakan	167
11.4 Penyimpanan Pakan	169
11.4.1 Gedung/rumah.....	169
11.4.2 Memiliki Atap Yang Layak.....	170
11.4.3 Ventilasi Udara.....	170
11.4.4 Rak/Alas Pakan.....	170
11.4.5 Jagalah Kebersihan Gudang.....	172
DAFTAR PUSTAKA.....	173
BAB 12 METODE DAN TEKNIK PEMBERIAN PAKAN PADA IKAN	175
12.1 Pendahuluan	175
12.2 Metode Pemberian Pakan Ikan Tradisional	176
12.3 Teknik Pemberian Pakan Ikan Modern.....	178
12.4 Jenis-jenis Pakan Ikan	182
12.5 Strategi Pemberian Pakan.....	184
12.6 Pertimbangan Lingkungan.....	188
12.7 Tantangan dan Arah Masa Depan	188
12.8 Kesimpulan	188
DAFTAR PUSTAKA.....	189

BAB 13 MEKANISME DAN INTERAKSI FAKTOR LINGKUNGAN DAN PEMBERIAN PAKAN	191
13.1 Pendahuluan	191
12.2 Pakan	192
13.2.1 Komposisi Pakan	192
13.2.2 Proses Pakan Dicerna.....	195
13.3 Limbah Aquakultur	197
13.4 Pengelolaan Kualitas Air	198
DAFTAR PUSTAKA.....	201
BIODATA PENULIS.....	203

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Diagram Alir Energi Ikan	2
Gambar 1.2 Sistem Pencernakan Ikan.....	10
Gambar 1.3 Beberapa Tipe Mulut Ikan	11
Gambar 2. 1 Aliran Energi (Energy flow) Ideal dari Suatu Energi Melalui System Hewan.....	23
Gambar 2. 2 Pemasukan Energi dan Distribusi Pemanfaatannya Diantara Proses-Proses yang Membutuhkan Energi	28
Gambar 4. 1 Bentuk-bentuk Pakan Buatan	55
Gambar 4.2 Bentuk Pakan Pasta untuk Ikan Sidat.....	57
Gambar 7.1 Tepung Ikan dan Silase Ikan.....	100
Gambar 7.2 Tepung Kepala dan Kulit Udang.....	102
Gambar 7.3 Tepung Tulang dan Daging Unggas.....	103
Gambar 7.4 Tepung Darah.....	105
Gambar 8.1 Anatomi Usus Ikan Bertulang Sejati.....	116
Gambar 8.2 Metode <i>Pearsons Square</i>	123
Gambar 10.1 Jenis-jenis dan Tipe Pakan Ikan	147
Gambar 10.2 Pengelompokan Pakan Alami.....	151
Gambar 11. 1 Pakan Alami.....	164
Gambar 11. 2 Pelet Ikan.....	165
Gambar 11. 3 Gudang Penyimpanan	172
Gambar 11. 4 Rak Pakan.....	173
Gambar 13.1 Alat Pencernaan Ikan	198

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Konversi Makronutrisi Menjadi Energi	6
Tabel 2.1 Rasio Protein-DE pada Beberapa Spesies Ikan	32
Tabel 3.1 Bahan Baku Pakan Sumber Protein, Karbohidrat, Lemak	49
Tabel 4.1 Standar Nasional Indonesia (SNI) Pakan Buatan	58
Tabel 5.1 Komposisi Kimia Beberapa Jenis Tepung Ikan	66
Tabel 5.2 Komposisi Asam Amino Amino Esensial (EAA)	67
Tabel 5.3 Komposisi Kimia Tepung Daging Tulang	68
Tabel 5.4 Komposisi Kimia Tepung Darah	69
Tabel 5.5 Komposisi Kimia Tepung Rebon dan Benawa	71
Tabel 5.6 Komposisi Kimia Tepung Kepala Udang	71
Tabel 5.7 Komposisi Kimia Tepung Maggot	72
Tabel 5.8 Komposisi Kimia Tepung Daging Bekicot.....	73
Tabel 5.9 Komposisi Kimia Bahan Baku Hewani	73
Tabel 6.1 Profil Nutrien Tepung Bungkil Kedelai.....	79
Tabel 6.2 Profil Nutrien Dedak dan Bekatul Padi.....	81
Tabel 6.3 Profil Nutrien Tepung Jagung	83
Tabel 6.4 Zat Fitokimia Sebagai Feed Additive	85
Tabel 8.1 Bahan Baku Pakan Sumber Hewani	121
Tabel 8.2 Bahan Baku Pakan Sumber Nabati	121
Tabel 10.1 Tipe Pakan Alami Tumbuhan Air (Makrophyta)	152
Tabel 10.2 Penggunaan Jenis Fitoplankton dalam Budidaya Ikan	155
Tabel 10.3 Kebutuhan Nutrisi Berdasarkan Fase Pertumbuhan Ikan	157
Tabel 11.1 Stabilitas Vitamin dalam Pakan Ikan	167
Tabel 12.1 Keuntungan dan Keterbatasan Berbagai Metode Pemberian Pakan Tradisional.....	178
Tabel 12.2 Keuntungan dan Keterbatasan Berbagai Metode Pemberian Pakan Modern.....	181
Tabel 12.3 Keuntungan dan Keterbatasan Berbagai Jenis-Jenis Pakan.....	184
Tabel 12.4 Keuntungan dan Keterbatasan Berbagai Strategi Pemberian Pakan	187
Tabel 13.1 Pakan Pembesaran Dalam Beberapa Jenis Ikan Budidaya Sesuai Kebutuhan Proteinnya	195
Tabel 13.2 Bahan baku Pakan Hewani Dengan Makro Nutrisi yang Umum Digunakan	195
Tabel 13.3 Bahan Baku Pakan Nabati dengan Makro Nutrisi yang Umum digunakan.....	196
Tabel 13.4 Standar Kualitas Air Budidaya Udang	201

BAB 1

PENTINGNYA PAKAN BAGI IKAN

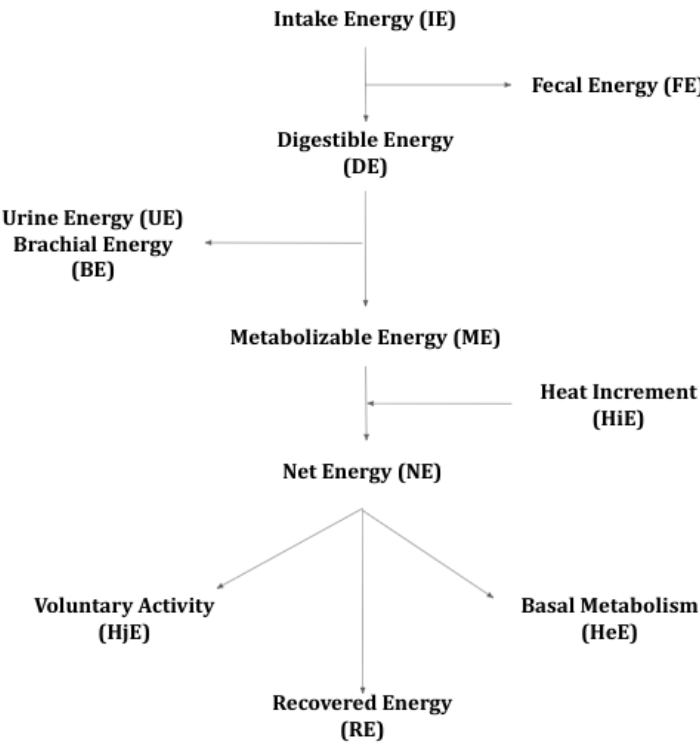
Oleh Dahlia Wulan Sari

1.1 Pendahuluan

Ikan merupakan hewan vertebrata yang bernapas dengan menggunakan insang, memiliki sirip serta bagian tubuhnya ditutupi sisik dan lapisan lendir. Ikan merupakan organisme heterotrof yang tidak mampu menghasilkan makanan sendiri. Sehingga untuk mendapatkan makanan mengandalkan organisme lain yang ada diperairan. Sumber pakan secara alami telah tersedia diperairan dalam bentuk rantai makanan. Makanan dibutuhkan oleh ikan sebagai sumber energi untuk metabolisme dasar dan aktifitas harian. Setelah kebutuhan energi untuk kedua hal tersebut terpenuhi, sisa energi yang ada akan digunakan oleh ikan untuk pertumbuhan hingga *recovery* (Putra, 2015).

Makanan yang diperoleh ikan menjadi asupan energi (*intake of energy*/IE) yang selanjutnya akan dicerna, diserap tubuh dan di konversi menjadi energi. Sebagian dari makanan tersebut tidak dapat dicerna dan akan dikeluarkan dalam bentuk feses (*fecal energy*/FE). Sedangkan makanan yang dicerna akan dikonversi menjadi energi (*digestible energy*/DE) yang akan dimanfaatkan untuk metabolisme (*metabolizable energy*/ME). Proses pencernaan tersebut terdiri dari proses katabolisme dan anabolisme. Proses katabolisme pada ikan akan menghasilkan zat sisa yang dibuang melalui urine (*urine energy*/UE) dan pernapasan (*branchial energy*/ZE). Proses metabolisme pada tubuh ikan akan menghasilkan panas (*heat increatment*/HiE) dan energi yang dihasilkan (*net energy*/NE) oleh ikan akan digunakan untuk metabolisme dasar (*basal metabolism*/HeE) dan aktifitas ikan (*voluntary activity*/HjE). Setelah kebutuhan energi untuk metabolisme dasar dan aktifitas ikan

terpenuhi, energi yang masih tersisa akan digunakan untuk pertumbuhan dan proses recovery pada ikan (*recovered energy/RE*) (Putra, 2015).



Gambar 1.1 Diagram Alir Energi Ikan
(Sumber : NRC, 1993)

Dengan demikian, ketersediaan makanan di perairan akan mempengaruhi pertumbuhan ikan. Pertumbuhan ikan akan optimal ketika ketersediaan makanan dalam mencukupi. Namun sebaliknya, apabila makanan yang ada terbatas maka pertumbuhannya akan terhambat bahkan dapat menyebabkan persaingan antar spesies ikan di perairan. Pada kondisi yang ekstrim, kurangnya makanan dapat menyebabkan adanya kanibalisme dalam satu spesies.

1.2 Ilmu Nutrisi

Ilmu nutrisi ikan tidak dapat berdiri sendiri dan erat kaitannya dengan berbagai bidang ilmu sains seperti biokimia, biologi perikanan, fisika, kesehatan, fisiologi, hingga genetika. Ilmu nutrisi ikan tidak hanya sebatas bagaimana kita memberi makan ikan, akan tetapi terkait bagaimana kaitan antara nutrisi dengan kebutuhan gizi dan proses-proses yang terjadi dalam tubuh ikan. Nutrisi merupakan komponen atau kandungan gizi yang terdapat dalam makanan yang dibutuhkan oleh organisme sebagai sumber energi. Nutrisi yang dibutuhkan ikan terbagi menjadi 2 yaitu makronutrisi dan mikronutrisi.

1.2.1 Makronutrisi

Makronutrisi merupakan komponen penting yang dibutuhkan oleh tubuh. makronutrisi dibutuhkan dalam jumlah besar dan merupakan sumber energi bagi ikan. Komponen makronutrisi ini antara lain karbohidrat, protein dan lemak.

1. Karbohidrat

Karbohidrat adalah senyawa organik yang disusun oleh atom karbon (C), atom hidrogen (H) serta atom oksigen (O). Karbohidrat merupakan sumber energi yang dihasilkan oleh proses fotosintesis pada tumbuhan. Karbohidrat terdiri dari sakarida dan serat kasar seperti selulosa, lignin dan hemiselulosa (Kawaroe et al., 2015).

Ikan membutuhkan karbohidrat dalam jumlah yang berbeda-beda tergantung pada jenis dan fase hidupnya. Kebutuhan ikan herbivora akan karbohidrat cenderung lebih tinggi dibanding dengan jenis ikan karnivora (Wicaksono et al., 2019). Karbohidrat yang dibutuhkan oleh ikan karnivora sebanyak 9%, ikan omnivora membutuhkan karbohidrat 18,6% sedangkan kebutuhan karbohidrat untuk ikan herbivora mencapai 61%. Pakan ikan juga dianjurkan untuk terkandung serat kasar yang komposisinya tidak melebihi 21%. Komposisi serat kasar yang terlalu tinggi atau melebihi 21% justru dapat

mengganggu pencernaan pada ikan (Afrianto & Liviawaty, 2005).

Karbohidrat pada pakan ikan dapat berbentuk kompleks seperti polisakarida atau senyawa yang lebih sederhana seperti disakarida dan monosakarida. Karbohidrat kompleks terlebih dahulu akan di pecah menjadi bentuk yang lebih sederhana agar dapat diserap oleh usus untuk selanjutnya dapat diubah menjadi energi maupun disimpan sebagai glikogen pada tubuh ikan.

2. Protein

Protein merupakan senyawa asam amino yang memiliki ikatan peptida dan mengandung unsur karbon (C), hidrogen (H), Oksigen (O) dan Nitrogen (N). Protein adalah komponen yang penting pada pakan ikan. Protein merupakan salah satu sumber energi bagi ikan, selain itu protein juga berperan sebagai zat pengatur dan pembangun pada tubuh ikan (Ekafitri & Isworo, 2014).

Kebutuhan protein ikan berbeda-beda untuk tiap jenis dan fase kehidupannya. Ikan karnivora umumnya membutuhkan protein lebih tinggi dibandingkan dengan jenis-jenis ikan herbivora. kebutuhan protein ikan karnovora 45% sedangkan ikan herbivora sekitar 15-30% dari total pakan. Kebutuhan protein lebih tinggi ditemui pada siklus awal kehidupan ikan yaitu mencapai 50% (Girsang & dan Isnaini, 2013).Kadar protein yang tidak sesuai akan mengganggu pertumbuhan ikan, bahkan kandungan protein pada pakan yang kurang dari 6% akan menyebabkan berhenti tumbuh. Protein berperan penting untuk menyusun jaringan maupun organ pada tubuh ikan (Wicaksono et al., 2019), untuk perawatan dan mengganti sel tubuh yang rusak (Tribina, 2017).

3. Lipid

Lipid atau sering juga disebut lemak adalah suatu senyawa berenergi tinggi yang dibutuhkan oleh ikan. Lipid merupakan sumber energi yang dibutuhkan untuk metabolisme dasar dan aktivitas ikan. Simpanan lipid dalam tubuh ikan berupa trigliserida juga dapat berperan sebagai cadangan energi saat ikan kekurangan asupan makanan. Simpanan lipid pada tubuh ikan biasanya terdapat di bagian otot dan hati. Lipid diketahui menghasilkan energi dua kali lebih banyak bila dibandingkan dengan protein maupun karbohidrat (Mendoza et al., 2001).

Lipid dikelompokkan menjadi 3 yaitu lipid sederhana, lipid kompleks serta lipid prekursor dan derivat.

- Lipid sederhana adalah senyawa ester dari asam lemak serta beberapa gugus alkohol. Lipid sederhana ini berupa lemak dan lilin.
- Lipid kompleks seperti fosfolipid, glikolipid (glycosphingolipid), sulfolipid, lipoprotein serta aminolipid.
- Lipid prekursor dan derivat, contohnya gliserol, asam lemak, steroid, ketone bodies, aldehyd lemak serta lipid yang larut dalam vitamin serta hormon.

Makronutrisi seperti karbohidrat, protein dan lipid merupakan komponen yang harus ada dalam pakan ikan. komposisi makronutrien yang tepat akan menentukan kualitas ikan yang dihasilkan. Makronutrien tersebut dapat dikonversi menjadi energi dengan nilai yang berbeda-beda (Tabel 1.1).

Tabel 1.1 Konversi Makronutrisi Menjadi Energi

No	Komponen Makronutrisi	Energi
1	Karbohidrat	3,87 kcal/g
2	Protein	4,02 kcal/g
3	Lemak	9 kcal/g

Sumber : Mendoza et al (2001)

Ikan sebagai organisme heterotrof membutuhkan energi yang berasal dari makanan yang ada di lingkungannya. Energi tersebut dibutuhkan untuk berbagai proses metabolisme dasar, aktifitas, pertumbuhan, reproduksi hingga untuk memperbaiki sel-sel yang mengalami kerusakan.

1.2.2 Mikronutrisi

Mikronutrisi adalah sejumlah kecil komponen yang dibutuhkan oleh tubuh ikan. Walaupun dibutuhkan dalam jumlah sedikit, tidak terpenuhinya komponen mikronutrisi ini dapat mengganggu pertumbuhan ikan. Komponen mikronutrisi pada pakan ikan yaitu vitamin dan mineral.

1. Vitamin

Vitamin dibutuhkan dalam jumlah kecil oleh ikan yang berperan menunjang berbagai fungsi biokimiawi. Ikan tidak dapat mensintesis vitamin, sehingga kebutuhan vitamin dipenuhi oleh makanan dari luar tubuh. Vitamin terbagi menjadi 2 kelompok yaitu vitamin yang larut dalam air dan larut dalam lemak. Vitamin yang larut dalam air adalah kelompok vitamin B dan C, sedangkan vitamin yang larut dalam lemak adalah vitamin A, D, E dan K.

Vitamin-vitamin tersebut memiliki peran yang berbeda-beda. Vitamin diperlukan untuk proses metabolisme pada ikan, akan tetapi kelebihan vitamin terutama vitamin-vitamin yang larut dalam lemak akan mengakibatkan hipervitaminosis. Sedangkan kelebihan vitamin yang larut dalam air cenderung tidak bersifat toksik karena dapat dikeluarkan melalui urine.

Vitamin B6 diketahui dapat meningkatkan kekebalan tubuh pada benih ikan kerapu bebek. Kekurangan vitamin B6 dapat mengakibatkan anemia karena terganggunya sintesis DNA. Terganggunya sintesis DNA dapat menghalangi pembelahan sel dan pembentukan nukleus pada eritrosit yang baru. Defisiensi vitamin B6 pada yuwana ikan kakap selama 2-6 minggu diketahui menyebabkan adanya lesi di bawah bibir, anoreksia, pertumbuhan ikan lambat, ikan berenang di permukaan, kejang hingga tingkat kematian yang tinggi (Johnny et al., 2005).

Vitamin C bukan merupakan sumber energi, akan tetapi merupakan katalisator proses metabolisme ikan. Vitamin C mempunyai peran dalam menjaga kekebalan tubuh, mengurangi stres hingga dapat mempercepat penyembuhan luka pada ikan. Kandungan antioksidan pada vitamin C berperan sebagai anti stres bagi ikan. Sedangkan vitamin D erat kaitannya dengan kecukupan kebutuhan kalsium. Tubuh ikan membutuhkan vitamin D untuk penyerapan fosfat serta kalium yang dibutuhkan untuk pertumbuhan. Kekurangan fosfat dan kalium dapat mengakibatkan pertumbuhan ikan terhambat, rendahnya efisiensi pakan dan pada jangka panjang dapat menyebabkan malformation. Jumlah vitamin C dan D pada ikan tergantung pada beberapa faktor yaitu spesies ikan, umur serta ukuran tubuh ikan, fungsi metabolisme dan laju pertumbuhan ikan (Helmizuryani et al., 2019).

Vitamin E berperan dalam proses pertumbuhan, menjaga imun tubuh, reproduksi serta menjadi penentu kualitas daging pada ikan. Vitamin E berperan sebagai antioksidan serta turut membantu keseimbangan intraseluler. Kebutuhan ikan akan vitamin E tergantung pada faktor umur dan ukuran ikan, suhu perairan, komposisi pakan serta persentase pertumbuhan ikan. kekurangan vitamin E pada ikan dapat menyebabkan exudative diathesis, muscular dystrophy, hematokrit rendah, depigmentasi pada kulit ikan hingga menurunnya laju pertumbuhan ikan. Sedangkan kelebihan vitamin E dapat menyebabkan reaksi keracunan di organ hati ikan, menurunkan laju pertumbuhan dan dapat menyebabkan kematian (Pamungkas, 2013).

2. Mineral

Mineral juga merupakan nutrisi yang dibutuhkan dalam jumlah sedikit pada tubuh ikan. Beberapa jenis mineral yang dibutuhkan oleh ikan antara lain Fe, Zn, fosfor juga Cr. Fe merupakan salah satu mineral esensial yang dibutuhkan oleh ikan. Fe erat kaitannya dengan kemampuan darah mengikat oksigen yang dibutuhkan untuk respirasi ikan. selain itu Fe juga berperan dalam transport oksigen dan elektron pada tubuh ikan serta penyimpanan oksigen di jaringan otot (Tasik, 2022). Defisiensi Fe akan menyebabkan terganggunya pengikatan dan transport oksigen pada tubuh ikan. Terganggunya pengikatan dan transport oksigen akan mengakibatkan terganggunya kinerja seluruh sistem pada tubuh ikan.

Selain Fe, Zn juga menjadi mikronutrisi esensial yang berperan dalam sistem metabolisme tubuh ikan. Zn juga erat kaitannya dengan sistem kekebalan tubuh ikan. Zn diketahui dapat meningkatkan respon neutropin dan monosit dalam darah. Dengan demikian kekurangan Zn pada tubuh ikan dapat mengakibatkan penurunan imun tubuh sehingga rentan terserang penyakit (Calder et al., 2002).

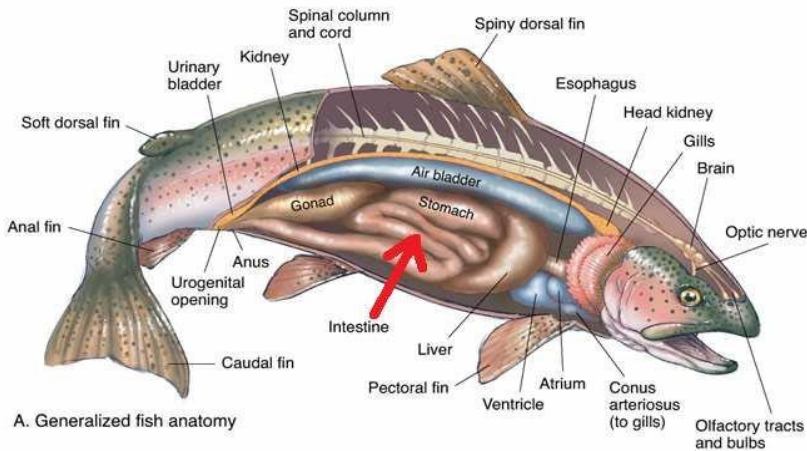
Mineral fosfor diperlukan oleh ikan dalam jumlah mikro. Fosfor sangat penting dalam proses pertumbuhan serta pembentukan tulang. Kekurangan mineral ini dapat menyebabkan rendahnya laju pertumbuhan, penumpukan lemak pada tubuh ikan, bentuk tubuh yang abnormal dan rendahnya efisiensi pakan. Sedangkan kelebihan fosfor pada pakan ikan akan dikeluarkan ke lingkungan dan dapat menjadi penyebab eutrofikasi (Watanabe et al., 1999). Konsentrasi fosfor yang ideal pada pakan ikan bernilai 0,63-0,89%. Konsentrasi fosfor pada pakan ikan senilai 0,32% menyebabkan rendahnya pertumbuhan dan efisiensi pakan, juga rendahnya fosfor dan kalsium pada tulang. Hal serupa juga terjadi pada kandungan fosfor yang melebihi 0,89%. Peningkatan efisiensi pakan terjadi pada penambahan fosfor hingga 0,89% (Suprayudi & Setiawati, 2003).

Peran utama Chromium (Cr) sebagai glucose tolerance factor serta berperan dalam meningkatkan pemanfaatan senyawa karbohidrat dalam tubuh ikan. Penambahan Cr pada pakan ikan dilaporkan dapat mempercepat pertumbuhan, meningkatkan retensi lemak dan protein serta hepatosomatik indeks (Aras, 2019).

1.3 Pencernaan Ikan

Pencernaan adalah suatu proses metabolisme yang mengubah makanan menjadi zat yang dapat diserap oleh tubuh. Sistem pencernaan ikan terbentuk sejak fase larva dan semakin sempurna seiring dengan pertumbuhan ikan. Pencernaan pada ikan dilakukan secara mekanis dan kimiawi. Secara mekanis ikan akan mencabik atau menggigit makanan agar menjadi ukuran yang lebih kecil. Sedangkan pencernaan secara kimiawi dilakukan dengan menggunakan berbagai enzim pencernaan. Pencernaan akan mengubah senyawa kompleks yang masuk ke dalam tubuh menjadi senyawa yang lebih sederhana. Pencernaan pada ikan secara umum dibagi dalam tiga tahapan. Tahap satu merupakan proses cerna atau mengubah senyawa kompleks menjadi sederhana yang terjadi sejak

dari mulut hingga lambung. Proses kedua adalah penyerapan yang terjadi dalam usus dan tahap terakhir pembuangan sisa pencernaan melalui anus.



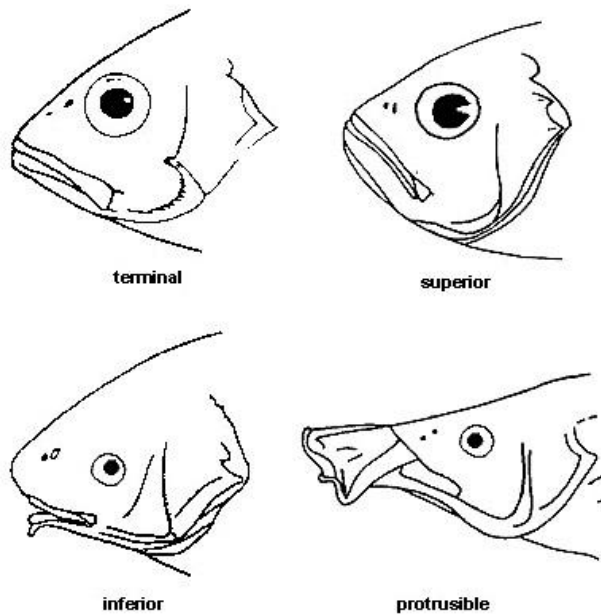
Gambar 1.2 Sistem Pencernakan Ikan

(Sumber : Ottosen & Andersen, 2012)

Sistem pencernaan melibatkan beberapa organ seperti mulut, faring, esofagus, lambung, pylorus, usus, rektum, anus dan beberapa kelenjar seperti pankreas, kelenjar empedu serta hati.

1.3.1 Mulut

Mulut merupakan organ ikan pertama dalam proses pencernaan. mulut berfungsi untuk mengambil makanan yang berasal dari lingkungan. Pada bagian mulut terdapat gigi yang berfungsi mencabik atau menggigit makan sehingga menjadi ukuran yang lebih kecil. Selain gigi, disekitar mulut juga sering kali ditemukan sungut ikan. Sungut pada beberapa jenis ikan juga berperan untuk membantu mendeteksi makanan. Bentuk, ukuran dan letak mulut pada ikan berbeda-beda berdasarkan jenisnya. beberapa bentuk mulut ikan adalah sebagai berikut (Gambar 1.3):



Gambar 1.3 Beberapa Tipe Mulut Ikan

(Sumber : floridamuseum.ufl.edu, 2023)

1.3.2 Faring dan Esofagus

Letak faring ikan pada bagian belakang mulut diantara insang, sedangkan saluran yang berada dibawah faring dan terhubung dengan lambung disebut esofagus/kerongkongan. Esofagus bersifat elastis terutama pada jenis ikan karnivora. Hal tersebut memungkinkan ikan menelan makanan dengan ukuran yang cukup besar.

1.3.3 Lambung

Lambung merupakan tempat makanan dicerna. Kapasitas lambung ikan berfluktuasi berkaitan dengan fungsinya menyimpan dan mencerna makanan. Pada bagian ujung lambung terdapat daerah yang menyempit dan dikenal dengan pylorus dan menghubungkan lambung dengan usus.

1.3.4 Usus

Usus merupakan bagian dari saluran pencernaan yang berfungsi sebagai tempat penyerapan sari-sari makanan. Panjang usus ikan berbeda-beda tergantung pada jenisnya. Kelompok ikan herbivora memiliki usus dengan ukuran yang lebih panjang dari ukuran tubuh ikan, sedangkan ikan karnivora memiliki usus yang cenderung pendek.

1.3.5 Anus

Anus merupakan saluran akhir dan terluar pada sistem pencernaan ikan. Melalui anus sisa pencernaan akan dibuang ke lingkungan dalam bentuk feses.

1.3.6 Kelenjar Pencernaan

Kelenjar yang berperan dalam sistem pencernaan pada ikan adalah hati, kantong empedu dan pankreas. Kelenjar pencernaan tersebut berperan mensekresikan enzim yang dapat membantu proses pencernaan. Hati pada ikan terletak memanjang dari bagian depan lambung hingga bagian usus. Hati berperan dalam sekresi empedu dan penyimpanan glikogen. Pada bagian bawah hati terdapat kantung empedu yang berfungsi untuk menyimpan cairan empedu. Pankreas merupakan kelenjar yang penting untuk pencernaan ikan. Kelenjar ini menghasilkan beberapa enzim seperti protease, karbohidrase dan pankreas pada beberapa jenis ikan juga menghasilkan enzim kitinase.

1.4 Kebiasaan Makan Ikan

Kebiasaan makan ikan berkaitan dengan kualitas serta kuantitas makanan. Ikan memiliki kebiasaan makan yang berbeda-beda antar satu jenis dengan lainnya. Kebiasaan makan tersebut biasanya diturunkan dari induk kepada keturunannya. Kebiasaan makan ikan ini dipengaruhi oleh beberapa hal antara lain habitat ikan, musim, umur, ukuran ikan dan kesukaan ikan terhadap jenis makanan tertentu. Berdasarkan jenis makanannya ikan dikelompokkan sebagai berikut:

1. **Herbivora:** Herbivora merupakan kelompok ikan yang sebagian besar makanannya berupa tumbuh-tumbuhan atau fitoplankton. Kelompok ikan ini memiliki usus yang panjang dan dengan jaringan otot yang kuat.
2. **Karnivora:** Karnivora merupakan kelompok ikan yang makanannya berasal dari hewan lain/ pemakan daging. kelompok ini memiliki gigi yang tajam yang berfungsi untuk mencabik atau menggigit mangsa.
3. **Omnivora:** Kelompok omnivora dapat memakan tumbuh-tumbuhan maupun hewan. sistem pencernaan omnivora diantara kelompok herbivora dan karnivora.
4. **Detritivora:** Detritivora merupakan kelompok ikan yang makanannya berasal dari sisa organisme hidup.

Sedangkan berdasarkan ragam makanannya, ikan dikelompokkan sebagai berikut:

1. **Euryphagic:** Euryphagic merupakan kelompok ikan yang memakan berbagai jenis makanan.
2. **Stenophagic:** Stenophagic adalah kelompok ikan dengan variasi makanan yang sedikit.
3. **Monophagic:** Monophagic yaitu kelompok ikan yang hanya mengkonsumsi satu jenis makanan saja.

DAFTAR PUSTAKA

- Afrianto, E., & Liviawaty, E. (2005). *Pakan Ikan*. Kanisius.
- Aras, M. F. (2019). *Pengaruh Kinerja Pertumbuhan Ikan Nila Yang Diberi Pakan Dengan Penambahan Kromium Dan Tepung Daun Kayu Manis*.
[Http://Repository.Ipb.Ac.Id/Handle/123456789/101950](http://Repository.Ipb.Ac.Id/Handle/123456789/101950).
- Calder, P. C., Field, C. J., & Gill, H. S. (2002). *Nutrition And Immune Function*. Cabi Publishing.
- Ekafitri, R., & Isworo, R. (2014). Pemanfaatan Kacang-Kacangan Sebagai Bahan Baku Sumber Protein Untuk Pangan Darurat The Utilization Of Beans As Protein Source For Emergency Food. *Jurnal Pangan*, 23(2), 134–145.
[Https://Doi.Org/10.33964/jp.v23i2.57](https://doi.org/10.33964/jp.v23i2.57).
- Floridamuseum.Ufl.Edu. (2023). *Mouth Types – Discover Fishes*.
[Https://Www.Floridamuseum.Ufl.Edu/DiscoverFish/Fish/Anatomy/Mouth-Types/](https://www.floridamuseum.ufl.edu/discoverfish/fish/anatomy/mouth-types/)
- Girsang, E. P., & Dan Isnaini, M. (2013). *Penambahan Serbuk Buah Avicennia Marina Terhadap Laju Pertumbuhan Ikan Kakap Putih (Lates Calcarifer) Pada Skala Laboratorium*.
[Http://Masparijournal.Blogspot.Com](http://masparijournal.blogspot.com).
- Helmizuryani, H., Puspitasari, M., & Khotimah, K. (2019). Efektifitas Pertumbuhan Benih Betok (Anabas Testudineus) Menggunakan Vitamin C Dan D Sebagai Suplemen Pakan. *Jurnal Lahan Suboptimal*, 7(2).
[Https://Doi.Org/10.33230/jlso.7.2.2018.327](https://doi.org/10.33230/jlso.7.2.2018.327).
- Johnny, F., Giri, N. A., Suwirya, K., & Roza, D. (2005). Pengaruh Vitamin B6 Dalam Pakan Terhadap Sistem Kekebalan Benih Ikan Kerapu Bebek, *Cromileptes Altivelis*. *Jurnal Penelitian Perikanan Indonesia*, 11(1).

- Kawaroe, M., Sari, D. W., Hwangbo, J., & Santoso, J. (2015). Optimum Fermentation Process For Red Macroalgae *Gelidium Latifolium* And *Gracillaria Verrucosa*. *Journal Of Engineering And Technological Sciences*, 47(6). <https://doi.org/10.5614/j.Eng.Technol.Sci.2015.47.6.7>.
- Mendoza, E., García, M. L., Casas, C., & Selgas, M. D. (2001). Inulin As Fat Substitute In Low Fat, Dry Fermented Sausages. *Meat Science*, 57(4), 387–393. [https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(00\)00116-9](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(00)00116-9).
- Nrc. (1993). *Nutrient Requirement Of Fish*. National Academic Press.
- Ottosen, M., & Andersen, N. (2012). *Antifreeze Protein In The Bowel Of Zoarces Viviparus*. <https://www.researchgate.net/publication/277237994>.
- Pamungkas, W. (2013). Aplikasi Vitamin E Dalam Pakan : Kebutuhan Dan Peranan Untuk Meningkatkan Reproduksi, Sistem Imun,. *Media Akuakultu*, 8(2). http://unsila.uns.ac.id/neounsila/index.php?p=show_detail&id=73773&keywords=.
- Putra, A. N. (2015). Metabolisme Basal Pada Ikan (Basal Metabolism In Fish). In *Jurnal Perikanan Dan Kelautan* (Vol. 5, Issue 2). Desember.
- Suprayudi, M. A., & Setiawati, M. (2003). Kebutuhan Ikan Gurame (*Osphronemus Gouramy Lac.*) Akan Mineral Fosfor. *Jurnal Akuakultur Indonesia*, 2(2), 67–71.
- Tasik, W. F. (2022). Pengaruh Suplementasi Mineral Seng Zn Dalam Pakan Berbasis Tepung Darah Terhadap Gambaran Darah Ikan Kerapu Bebek *Cromileptes Altivelis*. *Jvip*, 2(2), 65–70.
- Tribina, A. (2017). Pemanfaatan Silase Kering Ampas Tahu Untuk Pakan Ikan Nila Merah (*Oreochromis Niloticus*). *Jurnal Teknologi Perikanan Dan Kelautan*, 3(1), 27–33. <https://doi.org/10.24319/jtpk.3.27-33>.

- Watanabe, T., Jahan, P., Satoh, S., & Kiron, V. (1999). Total Phosphorus Loading Onto The Water Environment From Common Carp Fed Commercial Diets. *Fisheries Science*, 65(5), 712–716. <https://doi.org/10.2331/fishsci.65.712>.
- Wicaksono, A., Muhammad, F., Hidayat, J. W., & Suryanto, D. (2019). Pengaruh Komposisi *Azolla Pinnata* Pada Pakan Terhadap Pertumbuhan Ikan Bandeng (*Chanos Chanos Forsskal*) Di Balai Besar Perikanan Budidaya Air Payau (Bbbpap) Jepara. *Bioma : Berkala Ilmiah Biologi*, 20(2), 113–122.

BAB 2

BIOENERGETIKA DAN APLIKASINYA DALAM BUDIDAYA IKAN

Oleh Sahabuddin

2.1 Pendahuluan

Sebuah fakta menunjukkan adanya keseimbangan antara pasok energi dengan kebutuhannya. dan tingkat keseimbangan tersebut bersifat dinamis. terkait hal tersebut, terdapat kajian khusus yang mendalami antara pasokan energi dengan keseimbangan tersebut yang diistilahkan bioenergetika. Bioenergetika merupakan suatu kajian khusus dalam ilmu biokimia dan biologi sel yang berhubungan dengan produksi energi beserta proses enzimatik yang menyertainya.

Bioenergetika adalah cabang ilmu biologi yang mempelajari bagaimana organisme menghasilkan, menyimpan, dan menggunakan energi (Alberts et al, 2002). Bioenergetika merupakan bagian dari ilmu biokimia yang berhubungan dengan transformasi dan penggunaan energi oleh sel hidup. Karena itu bioenergetika merupakan bidang ilmu yang menjadi dasar bagi berbagai mata pelajaran yang terkait dengan sistem kehidupan.

Pengetahuan tentang bioenergetika adalah dasar-dasar penting bagi praktisi dalam bidang biokimia, biologi (botani dan zoologi), fisiologi, farmakologi, farmasi, kedokteran umum, kedokteran hewan, ilmu-ilmu pertanian, peternakan, perikanan, kehutanan, dan teknologi hasil pertanian, baik di tingkat sarjana maupun pascasarjana.

Cakupan bioenergetika dimulai dari proses respirasi seluler hingga berbagai reaksi yang menyangkut pemanfaatan energi. Pada bab ini tidak akan dibahas secara mendetail mengenai respirasi seluler namun pembahasan lebih diarahkan kepada produksi dan penggunaan energi yang melibatkan berbagai proses metabolisme senyawa organik. Pendekatan pembahasan pada bab ini akan menjelaskan proses metabolisme secara terintegrasi dalam menyediakan energi di berbagai proses kehidupan. Prinsip bioenergetika adalah suatu telaah yang mengkaji tingkat kesetimbangan pasok energi dengan besarnya energi yang dibutuhkan, dimana pengkajian ini dilaksanakan dengan melakukan pengamatan kondisi fisiologis yang terjadi berkaitan dengan besaran energi yang ditransformasikan di dalam suatu makhluk hidup.

Informasi tentang konsep bioenergetika pada makhluk hidup termasuk ikan diperlukan karena menjadi dasar dalam perencanaan pemberian pakan harian yang cukup pada lingkungan fisik tertentu. Kesuksesan dalam budidaya ikan sangat terkait dengan penyediaan makanan yang mengandung nutrisi yang berimbang yang akan menghasilkan energi yang cukup untuk memungkinkan pertumbuhan maksimal.

2.2 Energi

2.2.1 Definisi

Setiap jenis proses kerja akan menggunakan energi. Energi dalam konteks bioenergetika adalah kekuatan yang diperlukan untuk menjalankan berbagai proses biologis, seperti pertumbuhan, reproduksi, pergerakan, dan pemeliharaan fungsi seluler. Energi ini berasal dari berbagai sumber, seperti makanan yang dikonsumsi oleh organisme dan molekul-molekul seperti adenosin trifosfat (ATP) yang dihasilkan oleh proses metabolik (Alberts et al, 2002; Voet et al, 2016).

Dalam bioenergetika, energi umumnya dibahas dalam beberapa bentuk, termasuk:

➤ Energi Kimia

Energi ini merupakan energi yang terdapat pada molekul-molekul pakan yang dimakan, seperti karbohidrat, lemak, dan protein. Proses pencernaan dan metabolisme kemudian mengubah molekul-molekul ini menjadi ATP, yang merupakan mata uang energi dalam sel.

➤ Energi Cahaya

Organisme fotosintetik, seperti tumbuhan, alga, dan beberapa bakteri, menggunakan energi cahaya matahari untuk menghasilkan energi kimia melalui proses fotosintesis.

➤ Energi Panas

Energi panas dihasilkan sebagai produk sampingan reaksi kimia dan metabolisme. Organisme endotermik (pemanas tubuh sendiri) juga menghasilkan panas melalui metabolisme untuk menjaga suhu tubuh mereka.

➤ Energi Mekanis

Organisme menghasilkan energi mekanis melalui pergerakan, seperti berjalan, berenang, atau terbang. Ini melibatkan konversi energi kimia menjadi energi mekanis melalui reaksi biokimia dalam otot.

2.2.2 Persamaan Energi

Dalam bioenergetika, persamaan energi mengacu pada konsep bahwa energi tidak dapat diciptakan atau dimusnahkan, tetapi hanya dapat diubah dari satu bentuk ke bentuk lainnya. Ini berdasarkan Hukum Pertama Termodinamika.

Dalam konteks biologi, ini berarti bahwa energi yang masuk ke dalam suatu sistem biologis harus sama dengan energi yang keluar dari sistem tersebut, dengan penambahan atau pengurangan energi internal yang mungkin terjadi (Subandiyono et al, 2016). Persamaan energi dalam bioenergetika dapat dituliskan persamaan sebagai berikut:

$$IE = FE + GE + UE + ZE + SE + HE + RE$$

Di mana:

IE = Total energi dalam pakan yang dikonsumsi (*Intake energy*)

FE = energi yang terbuang melalui feses (*fecal energy*)

GE = energi yang terbuang melalui gas yang mudah terbakar (*combustible gaseous energy*)

UE = energi yang terbuang melalui urine (*urinary energy*)

ZE = energi yang terbuang melalui insang (*gill energy*)

SE = energi yang hilang melalui permukaan tubuh (*surface energy*)

HE = total produksi panas yang diproduksi (*heat energy production*)

RE = energi yang diperoleh atau disimpan dalam tubuh dan merupakan energi bermanfaat (*recovered energy*)

Setiap komponen pada bagian sebelah kanan dari persamaan tersebut, dapat dibagi-bagi lagi menjadi berbagai bagian. Hal ini tidak merubah keabsahan dari identitas hukum tersebut. Berdasarkan identitas dasar diturunkan persamaan-persamaan dan definisi-definisi yang dipergunakan dalam skema distribusi energi.

Energi tercerna (DE) = IE – FE

Energi termetabolisme = IE – (FE + UE + ZE)

Energi termanfaatkan = ME – HE

2.2.3 Unit Pengukuran Energi

Energi dalam bentuk apapun akan dapat diubah secara kuantitatif menjadi panas. Unit-unit panas biasanya dipergunakan untuk mengukur energi. Satu gram kalori (gkal) adalah sejumlah panas (energi) yang dibutuhkan untuk meningkatkan suhu satu gram air sebesar 1 C° yaitu dari 16,5 – 17,5 C°. Joule (J) telah menggantikan kalori dari unit pengukuran di beberapa negara. Joule didefinisikan dalam berbagai istilah mekanika sebagai daya yang dibutuhkan untuk mempercepat suatu massa. Joule dapat diubah menjadi ‘erg’ atau kalori. Konversi dari joule ke kalori telah ditetapkan sebagai 1 gram kalori setara dengan 4,184 Joule (1 gcal = 4,184 J). dalam pelaksanaannya, kalori dan joule merupakan unit-unit pengali yang begitu kecil dari unit-unit yang digunakan (kkal atau kj adalah 103 kali lebih besar). gkal atau kkal akan dipergunakan untuk mengkuantitatifkan energi dalam bagian ini.

2.3 Aliran Dan Pemanfaatan Energi

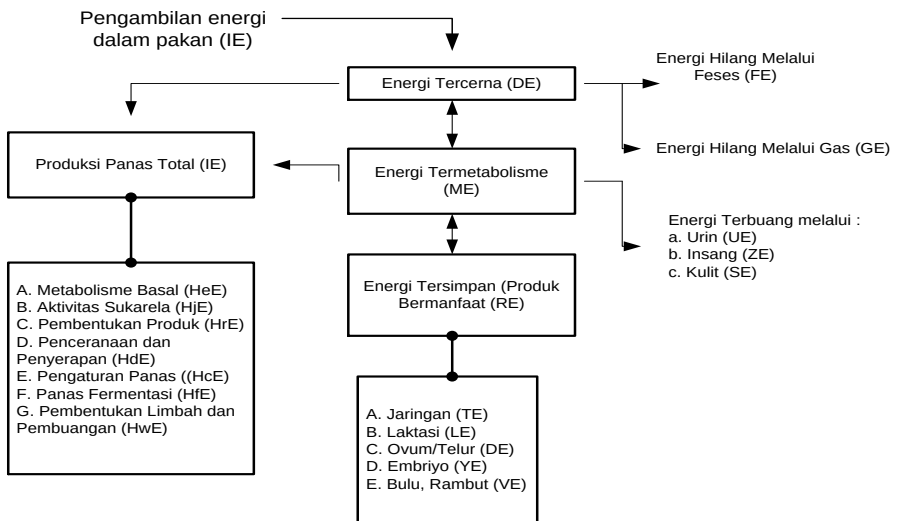
Proses aliran dan pemanfaatan energi pada ikan dimulai sejak ikan makan pakan. Pada tahap ini, ikan mengkonsumsi pakan berupa plankton, alga, atau makanan lain yang sesuai dengan jenis ikan tersebut. Makanan ini mengandung energi kimia yang tersimpan dalam bentuk senyawa organik seperti karbohidrat, protein, dan lemak.

Sejak kapan masuk kedalam tubuh ikan, pakan tersebut akan segera mengalami berbagai proses biologis mulai dari pemecahan secara fisik atau mekanik hingga berbagai proses enzimatik dalam saluran pencernaan menjadi molekul-molekul yang lebih sederhana. Sebelum akhirnya masuk melalui vena porta ke dalam peredaran darah. Selanjutnya, molekul-molekul sederhana tersebut mengalami proses metabolik di dalam sel sehingga dihasilkan sejumlah energi. Aliran pemanfaatan energi pakan oleh ikan sering pula disebut dengan *energy flow* atau disebut pula *energy expenditure* atau *energy budget*.

2.3.1 Aliran Energi

Sebelum energi digunakan untuk pertumbuhan, ikan atau mahluk hidup lainnya akan menggunakan energi pertama kali untuk proses *maintenance* (perawatan tumbuh) dan aktivitas *voluntary*. Pada saat energi pertumbuhan kurang dan proses aktivitas *voluntary* dan *maintenance* telah dilakukan, maka bobot berat badan pada mahluk hidup ikan akan berkurang.

Aliran energi ideal melalui sistem diberikan pada gambar 2.1. sistem ini berlaku untuk semua jenis hewan atau binatang termasuk pada ikan. Mungkin saja terdapat perbedaan secara kuantitatif dikarenakan kemampuan beberapa spesies untuk mengkonsumsi dan mencerna pakan yang mengandung serat tinggi.



Gambar 2. 1 Aliran Energi (*Energy flow*) ideal dari suatu energi melalui sistem hewan

Besarnya energi yang hilang termasuk sebagai energi feses, energi yang hilang melalui air kencing dan insang dan produksi panas adalah tergantung pada pakan dan cara makannya. Keterlibatan bahan-bahan berserat dengan tingkat pencernaan yang sangat rendah akan meningkatkan kehilangan melalui energi feses. Kehilangan energi sebagai gas mudah terbakar, yang besar pada beberapa hewan adalah sangat kecil dan pada ikan biasanya diabaikan dalam perhitungan. Energi yang tersisa diekskresikan melalui air kencing atau insang menunjukkan nutrien-nutrien yang diabsorpsi tidak dapat dimetabolismekan oleh ikan. Energi yang diperoleh adalah energi yang dikembalikan sebagai pertumbuhan dari ikan atau produk-produk seksual (Subandiyo et al, 2016).

2.3.2 Sumber Energi

Energi tersimpan dalam molekul kompleks dari material makanan. Pada makhluk hidup, energi baru dapat dihasilkan dan digunakan setelah terjadinya oksidasi. Energi dihasilkan dari reaksi kimia yang terjadi didalam tubuh dan digunakan untuk keperluan mempertahankan hidupnya. Lemak, karbohidrat dan protein merupakan unsur yang dibutuhkan dalam menciptakan energi (Zonneveld et al, 1991).

1. Lemak

Penggunaan lemak pada ikan sebagai sumber energi sangat penting dalam konteks gizi dan metabolisme. Lemak adalah salah satu makronutrien esensial yang ditemukan dalam berbagai makanan, termasuk ikan. Ketika dikonsumsi, lemak dalam ikan dapat berfungsi sebagai sumber energi yang efisien dan membantu berbagai proses biologis dalam tubuh (Takada et al, 2020).

Lemak dalam ikan terdiri dari asam lemak, yang merupakan unit dasar penyusun lemak. Asam lemak ini dapat dibagi menjadi dua kategori utama: asam lemak jenuh dan asam lemak tak jenuh. Asam lemak jenuh cenderung lebih banyak ditemukan dalam produk hewani dan memiliki dampak yang lebih besar terhadap peningkatan kadar kolesterol dalam darah. Sementara itu, asam lemak tak jenuh, seperti asam lemak omega-3 dan omega-6, dianggap lebih sehat dan memiliki manfaat kesehatan tertentu (Rokmawati et al, 2019).

Salah satu alasan mengapa lemak ikan sangat dihargai adalah karena kandungan asam lemak omega-3 yang tinggi. Asam lemak omega-3, seperti EPA (asam eicosapentaenoic) dan DHA (asam docosahexaenoic), memiliki peran penting dalam menjaga kesehatan jantung, mendukung fungsi otak, dan mengurangi peradangan dalam tubuh. Konsumsi rutin asam lemak omega-3 ini dapat membantu mengurangi risiko penyakit jantung, menjaga keseimbangan hormon, dan

mendukung berbagai fungsi biologis lainnya (Harika et al, 2015).

2. Karbohidrat

Penggunaan karbohidrat pada ikan sebagai sumber energi telah menjadi topik penelitian yang menarik dalam ilmu nutrisi ikan. Pada umumnya, ikan adalah hewan karnivora atau omnivora alami, yang berarti makanan alaminya terdiri dari protein hewani. Namun, dalam budidaya ikan, terutama pada spesies komersial, pemberian makanan seringkali mencakup sumber-sumber karbohidrat, seperti biji-bijian, tepung, atau bahan baku nabati (Tacon et al, 2008; Kamalam et al, 2017).

Pemberian karbohidrat pada ikan sebagai sumber energi dapat memberikan beberapa manfaat, seperti:

- Efisiensi Energi: Karbohidrat adalah sumber energi yang efisien dan lebih ekonomis dibandingkan protein dan lemak. Menggunakan karbohidrat sebagai sumber energi dapat membantu mengurangi biaya produksi pakan ikan.
- Mengurangi Ketergantungan pada Bahan Baku Protein: Pemberian karbohidrat dapat membantu mengurangi ketergantungan pada bahan baku protein, yang seringkali lebih mahal dan dapat menjadi terbatas.
- Mengurangi Dampak Lingkungan: Mengurangi penggunaan protein hewani dalam pakan ikan dapat membantu mengurangi dampak lingkungan yang terkait dengan produksi pakan.
- Pertumbuhan dan Kinerja: Beberapa spesies ikan dapat mencerna dan memetabolisme karbohidrat dengan baik, yang dapat mendukung pertumbuhan dan kinerja yang baik.

Penggunaan karbohidrat pada ikan sebagai sumber energi terutama terlihat pada beberapa jenis ikan herbivora dan omnivora. Ikan-ikan ini memiliki sistem pencernaan yang mampu memecah karbohidrat menjadi glukosa dan menggunakannya sebagai sumber energi. Contoh ikan herbivora yang menggunakan karbohidrat sebagai sumber energi adalah ikan mas (*Cyprinus carpio*) dan ikan nila (*Oreochromis spp*). Sedangkan ikan omnivora seperti ikan lele (*Clarias spp*) juga dapat memanfaatkan karbohidrat dalam makanannya (Fauzi et al, 2010). Namun, penting untuk diingat bahwa tidak semua jenis ikan dapat memanfaatkan karbohidrat dengan efisiensi yang sama. Beberapa ikan karnivora memiliki sistem pencernaan yang lebih cocok untuk memetabolisme protein dan lemak sebagai sumber energi utama. Pemberian karbohidrat pada ikan karnivora dapat menyebabkan masalah pencernaan dan kesehatan.

3. Protein

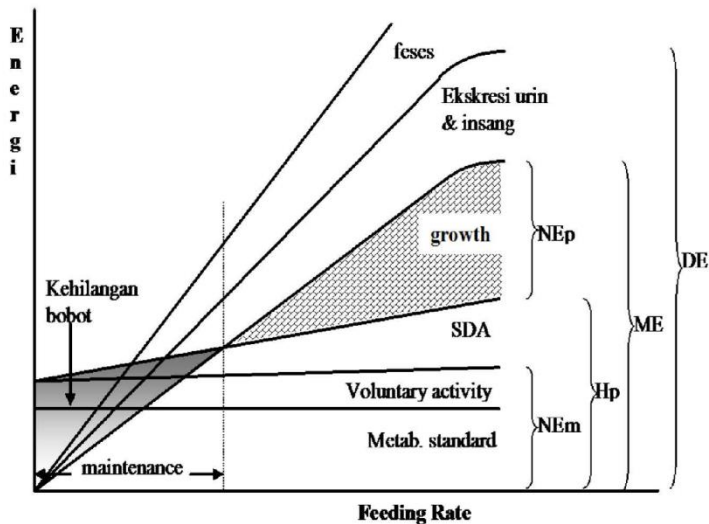
Protein merupakan salah satu makronutrien penting yang diperlukan oleh tubuh untuk menjalankan berbagai fungsi biologis. Pada ikan, protein memiliki peran yang sangat vital, tidak hanya sebagai sumber energi, tetapi juga sebagai bahan pembangun jaringan tubuh, enzim, hormon, serta berbagai komponen penting lainnya (Effendie, 2002).

Ikan memiliki kebutuhan protein yang berbeda-beda tergantung pada jenisnya, tahap pertumbuhan, aktivitas metabolisme, dan lingkungan hidupnya. Kandungan protein dalam pakan ikan menjadi salah satu faktor yang sangat penting dalam pemenuhan kebutuhan gizi ikan tersebut. Kualitas protein yang baik dan mudah dicerna akan mendukung pertumbuhan dan kesehatan ikan (Nugroho, 2019).

Protein dalam pakan ikan umumnya berasal dari sumber-sumber seperti ikan-ikan kecil, krustasea, dan bahan nabati seperti tepung kedelai. Ketika ikan mencerna protein, protein tersebut dipecah menjadi asam amino yang lebih sederhana. Asam amino ini kemudian digunakan dalam proses metabolik untuk memenuhi berbagai kebutuhan tubuh ikan, termasuk sebagai sumber energi jika dibutuhkan. Protein dalam tubuh ikan terdiri dari rantai asam amino. Ketika tubuh memerlukan energi dan pasokan karbohidrat atau lemak terbatas, protein dapat diubah menjadi sumber energi melalui proses yang disebut glukoneogenesis. Pada proses ini, beberapa asam amino dipecah dan konversi hasilnya menghasilkan senyawa glukosa yang dapat digunakan sebagai sumber energi. Namun, penting untuk diingat bahwa protein seharusnya bukan menjadi sumber energi utama pada ikan. Karbohidrat dan lemak lebih efisien sebagai sumber energi, sementara protein lebih baik digunakan untuk fungsi-fungsi biologis yang lain seperti pertumbuhan, perbaikan jaringan, produksi enzim, dan fungsi-fungsi lainnya (Tilman et al, 2014).

2.3.3 Pemanfaatan Energi

Energi yang masuk kedalam tubuh hewan terbagi di antara berbagai proses yang membutuhkan energi. Besarnya masing-masing bagian, tergantung pada jumlah energi yang masuk dan kemampuan ikan untuk mencerna dan menggunakan energi tersebut. Pada ikan karnivora banyak data telah disarikan dan dihitung rata-rata distribusinya. Bagaimana bagian tersebut dapat berubah dengan perubahan-perubahan dalam pemasukan energi digambarkan pada gambar 2.2 (Subandiyono dan Hastuti, 2016).



Gambar 2.2 Pemasukan Energi dan distribusi pemanfaatannya diantara proses-proses yang membutuhkan energi (Modifikasi dari Smith, 1989).

Tingkat pengambilan makanan (*feeding rate*) meningkat dari kiri ke kanan, yaitu dari nol ke maksimum berdasarkan pengambilan sukarela (*voluntary intake*). Garis gelap vertikal menunjukkan pengambilan pakan untuk mempertahankan tubuh (*maintenance*). Pada tingkat pengambilan pakan ke sebelah kiri dari garis tersebut maka pemasukan energi menjadi kurang dari energi yang dibutuhkan untuk *maintenance* dan terjadi kehilangan bobot. Tingkat pengambilan pakan menuju sebelah kanan dari garis tersebut merupakan peningkatan pemasukan energi ke dalam tubuh hewan (pertumbuhan). Semakin jauh tingkat pengambilan makanan berpindah ke arah kanan semakin besar proporsi jatuhnya ke dalam daerah pertumbuhan. Seandainya mendekati pemasukan maksimum, efisiensi pencernaan pakan menurun, yang mana terbatas terhadap sejumlah energi untuk pertumbuhan.

Kebutuhan untuk metabolisme basal atau standar hampir konstan dan merupakan fungsi dari spesies dan temperatur. Aktivitas ekstra kemungkinan akan lebih besar pada ikan yang diberi makan dengan baik dari pada ikan yang dipuasakan. Daerah tersebut meningkat sejalan dengan pengambilan pakan yang bergerak kekanan. Panas metabolisme nutrien secara kasar seimbang dengan laju pengambilan pakan sebagaimana juga ekskresi melalui air kencing dan insang. Efisiensi pencernaan menurun pada pengambilan pakan tinggi dan lebih banyak energi diekskresi dalam feses. Diagram ini tidak dimaksudkan untuk menunjukkan besarnya bagian-bagian tersebut tetapi hanya untuk menunjukkan bagaimana tingkat pemangsaan mengubah proporsi jatuhnya ke dalam masing-masing bagian. Pada sebagian besar sistem pemangsaan hewan pertumbuhan yang paling efisien adalah pada pemasukan maksimum. Hal ini tidak benar untuk sebagian besar spesies ikan. Efisiensi maksimum terjadi pada tingkat yang kurang dari pemasukan maksimum.

2.3.4 Energi yang Hilang

Energi terkandung dalam berbagai bahan material yang ada dalam pakan. namun terkadang energi yang ada tidak selamanya berfungsi untuk reproduksi dan pertumbuhan, akan terdapat sebagian energi akan hilang. Adanya feses, urin, ekskresi insang dan bentuk panas yang terjadi akan menyebabkan energi dalam tubuh akan hilang. Sebagian dari energi juga dapat hilang melalui permukaan tubuh ikan. Bentuk panas yang menyebabkan energi hilang bersumber dari tiga sumber dan biasanya agak sulit terukur, yaitu metabolisme standar (*standard metabolism*), Aktivitas fisik voluntary dan panas akibat metabolisme nutrien.

Gambar 2.2 menggambarkan kehilangan energi karena total energi yang masuk (*intake or gross energy*) melepaskan energi dalam feses (*fecal energy*) menjadi energi yang dapat dicerna (*digestible energy*, DE). Selanjutnya energi yang dapat dicerna tersebut melepaskan energi ke dalam urin (*urinary energy*) ataupun ekskresi melalui insang (*gill excretions*) menjadi energi yang dapat dimetabolisme (*metabolizable energy*, ME). Energi yang dapat dimetabolisme tersebut melepaskan energi ke dalam bentuk panas (*heat energy*) menjadi energi netto (*net energy*). Energi netto adalah energi yang tersedia untuk pertumbuhan, pemeliharaan, dan reproduksi. DE dan ME merupakan ukuran yang lebih tepat dari energi yang dibutuhkan ikan.

Sebagaimana hewan peliharaan pada umumnya, ikan mendapatkan energinya dari 3 sumber, yaitu lemak, protein, dan karbohidrat. Dikarenakan karbohidrat digunakan secara kurang efisien pada sebagian besar sistem ikan, maka sumber energi utama adalah protein dan lemak.

2.3.5 Kebutuhan Energi

Ikan mampu memanfaatkan energi pakan jauh lebih efisien dibandingkan dengan hewan darat lainnya. Rata-rata kebutuhan energi pada ikan dibutuhkan untuk kebutuhan hidup pokok yang meliputi kebutuhan untuk metabolisme basal dan aktivitas normal. Kebutuhan energi untuk hidup pokok harus terpenuhi dahulu sebelum ikan menggunakan energi untuk produksi.

Konsentrasi energi sebaiknya menjadi pertimbangan nutrisi pertama dalam formulasi pakan ikan. Dalam praktek, bagaimanapun protein biasanya diberikan prioritas pertama karena protein lebih mahal dibanding dengan pemberian komponen energi yang lain. Protein dan energi sebaiknya dijaga dalam kondisi keseimbangan. Defisiensi DE akan menyebabkan rataan pertumbuhan ikan. Defisiensi energi dalam hubungannya dengan protein akan menyebabkan

protein digunakan sebagai sumber energi untuk mengamankan hidup pokok sebelum pertumbuhan. Sebaliknya apabila kelebihan energi akan menimbulkan penurunan konsumsi pakan dan menurunkan intake dari protein dan zat makanan lainnya untuk pertumbuhan maksimum. Kelebihan energi juga dapat menyebabkan terjadinya deposit lemak yang besar yang dapat menjadi tak diinginkan dalam pakan ikan.

Nilai rasio protein-protein pada pakan ikan lebih tinggi dibandingkan dengan rasio protein energi pada ikan ataupun ikan lainnya. Alasan tingginya rasio ini adalah bukan karena ikan mempunyai kebutuhan protein yang lebih tinggi tetapi ikan membutuhkan energi yang lebih rendah untuk hidup pokok dan sintesa asam urat. Sejak lemak digunakan sebagai sumber utama energi non protein dalam pakan ikan salmon, rasio protein-energi diijinkan untuk pakan tersebut yang kadang-kadang dilaporkan sebagai rasio protein-lemak. Kombinasi optimum untuk pertambahan bobot badan ikan rainbow trout adalah 35- 36 % protein dan 15 - 16% lemak.

Bagaimanapun beberapa faktor yang signifikan mempengaruhi keseimbangan energi ikan seperti komposisi pakan, rataan pemberian pakan, dan komposisi pertambahan bobot badan. Jadi pendekatan untuk mengkalkulasi kebutuhan energi untuk produksi harus digunakan secara hati-hati sampai informasi yang cukup dapat untuk dapat menyusun budget energi yang dapat diandalkan untuk variasi kondisi produksi pada spesies aquaculture spesifik. Rasio protein-DE (mg/kcal) untuk bobot badan maksimum pada beberapa spesies sudah diteliti sebagaimana tercantum dalam tabel 2.1.

Tabel 2.1 Rasio Protein-DE pada Beberapa Spesies Ikan

No	Spesies	Digestible Protein (DP) (%)	Digestible Energy (DE) (kcal/g)	Final (DP/DE) (mg/kcal)	Bobot Badan (g)
1	Channel Catfish	22.2 28.8 27.0 27.0 24.4	2.33 3.07 2.78 3.14 3.05	95 94 97 86 81	526 34 10 266 600
2	Red drum	31.5	3.20	98	43
3	Hybrid bass	31.5	2.80	112	35
4	Nile Tilapia	30	2.90	103	50
5	Common carp	31.5	2.90	108	20
6	Rainbow trout	33 42	3.60 4.10	92 105	90 94

2.3.6 Faktor yang Mempengaruhi Kebutuhan Energi

Kebutuhan energi pada ikan berbeda antara spesies satu dengan spesies lainnya. Beberapa faktor yang mempengaruhi perbedaan tingkat penggunaan energi oleh ikan adalah sebagai berikut:

1. Ukuran dan Massa Tubuh: Ikan yang lebih besar cenderung memiliki kebutuhan energi yang lebih tinggi karena mereka memiliki massa tubuh yang lebih besar untuk dipertahankan dan aktivitas metabolik yang lebih besar.
2. Suhu Lingkungan: Suhu lingkungan dapat mempengaruhi laju metabolisme ikan. Ikan cenderung memiliki laju metabolisme yang lebih cepat pada suhu tinggi, sehingga energi yang dibutuhkan lebih banyak.

3. Aktivitas Fisik: Aktivitas seperti berenang, mencari makanan, dan melarikan diri dari predator memerlukan energi tambahan. Ikan yang lebih aktif secara fisik akan memiliki kebutuhan energi yang lebih tinggi.
4. Tingkat Pertumbuhan: Ikan yang sedang dalam tahap pertumbuhan aktif memerlukan energi tambahan untuk mendukung perkembangan jaringan dan organ tubuh.
5. Tingkat Reproduksi: Proses reproduksi, seperti produksi telur atau sperma, memerlukan energi yang signifikan. Selama periode pemijahan, kebutuhan energi ikan dapat meningkat secara substansial.
6. Komposisi Makanan: Jenis makanan yang dikonsumsi oleh ikan mempengaruhi ketersediaan energi. Makanan yang kaya energi akan memberikan pasokan energi yang lebih tinggi bagi ikan. Kandungan protein atau mineral yang tinggi pada pakan akan meningkatkan metabolisme agar ikan tersebut dapat menghilangkan atau menurunkan produk limbah yang mungkin saja terbentuk dan menjadi racun.
7. Kondisi Lingkungan: Faktor lingkungan seperti ketersediaan makanan, kualitas air, dan tingkat stres juga dapat mempengaruhi kebutuhan energi ikan.
8. Jenis dan Spesies Ikan: Setiap jenis ikan memiliki kebutuhan energi yang berbeda berdasarkan metabolisme unik mereka.
9. Umur: Sejalan dengan peningkatan umur, tingkat metabolisme ikan pada umumnya menurun.
10. Pencahayaan (*Light exposure*): Tingkat kegelapan menurunkan kebutuhan energi pada beberapa spesies. Ikan yang dipelihara pada pencahayaan yang konstan tidak tumbuh dengan lebih baik apabila dibandingkan ikan dengan spesies yang sama namun mendapatkan periode istirahat terhadap pencahayaan (Subandiyono dkk. 2016).

2.4 Aplikasi Bioenergetika dalam Budidaya

Bioenergetika merupakan studi mengenai aliran energi dalam sistem biologis. Dalam budidaya ikan, prinsip-prinsip bioenergetika dapat digunakan untuk mengoptimalkan efisiensi pakan, pertumbuhan ikan, dan produktivitas budidaya secara keseluruhan dalam lingkungan akuakultur. Berikut ini adalah beberapa contoh penerapan bioenergetika dalam budidaya ikan:

1. Perencanaan Pakan yang Optimal

Bioenergetika dapat digunakan untuk merancang program pemberian pakan yang efisien. Dengan memahami kebutuhan energi dan nutrisi ikan pada berbagai tahap pertumbuhan, pembudidaya ikan dapat menghitung jumlah dan komposisi pakan yang diperlukan untuk mencapai pertumbuhan yang diinginkan. Ini membantu menghindari overfeeding (pemberian pakan berlebihan) yang dapat menyebabkan pemborosan pakan dan masalah lingkungan. Dengan mengembangkan model bioenergetika, pembudidaya ikan dapat memprediksi berapa banyak pakan yang diperlukan untuk mencapai target pertumbuhan tertentu (Naylor, 2000).

2. Analisis Efisiensi Pemanfaatan Pakan

Menggunakan konsep bioenergetika, pembudidaya ikan dapat mengukur sejauh mana energi dari pakan yang dikonversi menjadi pertumbuhan ikan. Ini membantu mengidentifikasi jenis pakan yang paling efisien dan mengoptimalkan rasio pakan-konversi (*Feed Conversion Ratio*, FCR). Dengan menganalisis seberapa banyak energi yang ada dalam pakan dan berapa banyak yang diubah menjadi pertumbuhan ikan, pembudidaya ikan dapat mengukur efisiensi pemanfaatan pakan. Hal ini dapat membantu dalam penentuan jenis pakan yang paling cocok untuk ikan tertentu (Jobling, 2012).

3. Pengelolaan Suhu dan Lingkungan

Bioenergetika juga dapat digunakan untuk memahami bagaimana suhu dan lingkungan mempengaruhi kebutuhan energi ikan serta pertumbuhan mereka. Penyesuaian suhu lingkungan dan manajemen kolam dapat membantu dalam meningkatkan efisiensi pertumbuhan. Suhu air mempengaruhi laju metabolisme ikan. Dengan memahami hubungan antara suhu air dan laju metabolisme, para pembudidaya ikan dapat mengelola suhu lingkungan akuakultur untuk memaksimalkan efisiensi penggunaan energi ikan (Brett, 1979).

4. Pengendalian Penyakit dan Kesehatan Ikan

Dalam konteks kesehatan ikan, bioenergetika dapat membantu memahami hubungan antara kondisi nutrisi, stres, dan kerentanan terhadap penyakit. Dengan memastikan bahwa ikan menerima asupan nutrisi yang cukup, sistem kekebalan tubuh ikan dapat ditingkatkan, membantu melindungi ikan dari infeksi penyakit.

5. Penggunaan Teknologi Pemantauan

Teknologi pemantauan modern seperti sensor suhu, oksigen, dan pH dapat digunakan untuk mengukur parameter lingkungan yang mempengaruhi aliran energi dalam kolam. Data ini kemudian dapat diintegrasikan dengan prinsip bioenergetika untuk mengoptimalkan kondisi budidaya.

6. Pengembangan Pakan Berbasis Bioenergetika untuk Ikan Salmon

Dalam budidaya ikan salmon, pengembangan pakan yang efisien sangat penting untuk menjaga kesehatan ikan dan mengoptimalkan pertumbuhannya. Pendekatan bioenergetika dapat digunakan untuk memodelkan kebutuhan energi ikan salmon selama siklus hidupnya, mempertimbangkan faktor-faktor seperti suhu air, aktivitas ikan, dan komposisi nutrisi pakan (Jobling, 2001).

Penerapan bioenergetika dalam budidaya ikan dapat membantu pembudidaya ikan meningkatkan efisiensi produksi, menjaga keseimbangan ekosistem, dan mengurangi dampak lingkungan. Namun, penting untuk diingat bahwa setiap sistem budidaya memiliki karakteristik unik, dan pendekatan yang dipilih harus disesuaikan dengan kondisi lokal dan spesifik ikan yang dibudidayakan.

DAFTAR PUSTAKA

- Alberts, B., Johnson, A., Lewis, J., Raff, M., Roberts, K., and Walter, P. 2002. *Molecular biology of the cell* (4th ed.) Garland Science, New York
- Bintang M, Safitri, A. 2015. *Bioenergetika*. Erlangga. Jakarta. ix, 243 hlm
- Brett, J. R., & Groves, T. D. 1979. Physiological energetics. *Fish physiology*, 8, 279-352.
- Christopher E. Nash . 2002. *Bioenergetics of Fishes: Principles and Application*.
- De Silva SS, and Anderson TA. 1995. *Fish nutrition in aquaculture*. Chapman & Hall Aquaculture series 1. New York. 308 p
- Donald Voet, Judith G. Voet, Charlotte W. 2016. *Pratt Fundamentals Of Biochemistry Life At The Molecular Level*.
- Effendie, M. I. (2002). *Biologi Perikanan*. Yogyakarta: Yayasan Pustaka Nusantara.
- Fauzi, A., & Suharyanto. (2010). Penggunaan Karbohidrat dalam Pakan Ikan: Potensi dan Keterbatasan. *Jurnal Akuakultur Indonesia*, 9(2), 109-117.
- Handajani H, Widodo W. 2010. *Nutrisi Ikan*. UMM Press. Malang. Xxii, 271 hlm
- Harika, R. K., & Shaikh, N. A. (2015). Eicosapentaenoic acid and docosahexaenoic acid in cardiovascular disease risk factors: A review. *Advances in Nutrition*, 6(6), 673-690.
- Jobling, M. (2001). *Aquaculture. Marine Bioenergetics: From Organisms to Ecosystems*. Oxford: Oxford University Press.
- Jobling, M. (2012). Nutrition: A determinant of farmed fish health, welfare, and performance. *Fish Physiology*, 32, 279-331.
- Kamalam, B. S., Médale, F., Larroquet, L., & Kaushik, S. (2017). Dietary carbohydrate-to-lipid ratio affects torpor and protein utilization but not growth in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) under a restricted feeding regimen. *PLoS One*, 12(9), e0184519.

- Naylor, R. L., Goldburg, R. J., Primavera, J. H., Kautsky, N., Beveridge, M. C., Clay, J., ... & Troell, M. 2000. Effect of aquaculture on world fish supplies. *Nature*, 405(6790), 1017-1024.
- Nugroho, R. A. (2019). *Nutrisi dan Pakan Ikan*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Rokmawati, N., & Kartasurya, M. I. (2019). Kandungan Lemak, Profil Asam Lemak, dan Kandungan Kolesterol pada Ikan Teri (*Stolephorus insularis*) yang Berbeda Ukuran. *Jurnal Gizi Dan Pangan*, 14(1), 7-12.
- Smith, RR, 2008. Nutritional Bioenergetics in Fish. FAO Document.
- Subandiyono, Hastuti S. 2016. Buku ajar : Nutrisi Ikan. Lembaga pengembangan dan penjaminan mutu pendidikan. Universitas Diponegoro. Semarang
- Tacon, A. G. J., & Metian, M. (2008). Global overview on the use of fish meal and fish oil in industrially compounded aquafeeds: Trends and future prospects. *Aquaculture*, 285(1-4), 146-158.
- Takada, H., Matsumoto, K., Machida, K., & Murakami, Y. (2020). Health benefits of eicosapentaenoic acid (EPA) and docosahexaenoic acid (DHA). In: *Handbook of Food Bioengineering, Volume 4: Foods and Nutraceuticals*. CRC Press.
- Tilman, D., Clark, M. (2014). Global diets link environmental sustainability and human health. *Nature*, 515(7528), 518-522.
- Zonneveld N, Hisman E A, Boon J H. 1991. Prinsip-Prinsip Budidaya Ikan. PT. Gramedia Pustaka utama. Jakarta.

BAB 3

GIZI BAHAN BAKU PAKAN IKAN

Oleh Dian Lestari

3.1 Pendahuluan

Pakan bagi ikan digunakan untuk melangsungkan kehidupannya dengan nilai gizi yang terkandung di dalamnya berperan dalam menentukan pertumbuhan ikan. Nilai gizi pakan terdiri atas *macronutrient* maupun *micronutrient*. *Macronutrient* terdiri atas protein, karbohidrat, dan lemak. Sedangkan *micronutrient* terbagi atas vitamin, dan mineral. Sekitar 30-80% biaya operasional kegiatan budidaya bersumber dari biaya pakan. Besarnya biaya tersebut dipengaruhi oleh metode budidaya yang diterapkan, ketersediaan dan harga bahan baku pakan ikan serta spesies yang dipelihara.

Pakan sebagai sumber energi dan gizi ikan terdiri atas protein, lemak, karbohidrat, vitamin dan mineral yang merupakan senyawa utama yang berperan terhadap keberhasilan kegiatan budidaya. Kegiatan budidaya ikan secara intensif cenderung menggunakan pakan yang lebih banyak jika dibandingkan dengan budidaya ikan secara tradisional. Banyaknya penggunaan pakan mengakibatkan meningkatnya biaya operasional usaha budidaya.

3.2. Karbohidrat

Karbohidrat berasal dari bahasa Yunani yaitu *saccharide* yang artinya gula. Karbohidrat merupakan komponen organik yang banyak terdapat di alam dengan fungsi utama sebagai sumber energi yang dibutuhkan organisme untuk melakukan proses metabolisme tubuhnya. Karbohidrat merupakan polimer struktur untaian polihidroksi dengan rantai samping berupa aldehyd ataupun keton (Atmaja *et al.*, 2022). Meskipun organisme mampu mensintesis senyawa karbohidrat, tetapi umumnya karbohidrat dihasilkan oleh organisme fotosintetik misalnya ganggang, beberapa golongan bakteri, maupun tanaman. Organisme tersebut bekerja dengan cara mengubah energi yang terdapat pada cahaya matahari menjadi energi kimia yang kemudian dimanfaatkan sebagai senyawa karbohidrat berupa gas karbondioksida (CO_2). Keberadaan senyawa karbohidrat sangat berperan dalam kehidupan makhluk hidup. Karbohidrat yang terdapat pada makhluk hidup berperan sebagai molekul penyimpan cadangan energi. Manusia ataupun hewan mampu memecah karbohidrat, kemudian mengalami proses oksidasi untuk menghasilkan energi selama proses katabolisme tubuhnya berlangsung (Azhar, 2016).

Selain digunakan sebagai penghasil energi, karbohidrat juga berperan sebagai prekursor dalam pembentukan asam-asam amino, sintesis lemak, glikolipid, glikoprotein, dan proteoglikan. Berdasarkan ukurannya, karbohidrat terbagi atas empat kelas yaitu monosakarida yang merupakan unit terkecil dari struktur karbohidrat contohnya glukosa, galaktosa, dan fruktosa, disakarida yang merupakan residu anatar dua monosakarida yang memiliki ikatan kovalen yang dinamakan ikatan glikosida contohnya maltosa, sukrosa, dan laktosa, oligosakarida yang merupakan ikatan tiga sampai 20 residu monosakarida contohnya glikolipid dan glikoprotein, dan polisakarida merupakan polimer yang banyak mengandung atau lebih dari 20 residu monosakarida contohnya glikogen dan kanji (Marks *et al.*, 2000).

Glycan merupakan istilah yang umum digunakan oleh polimer karbohidrat. Sedangkan polimer yang mengandung monomer gula yang lebih spesifik contohnya glikogen, pati, selulosa, zat kitin, dan *inulin* disebut *homoglycan*. Molekul penyimpan energi utama pada tumbuh-tumbuhan adalah pati dan *inulin*, sedangkan glikogen merupakan penyimpanan energi utama pada hewan. Sebagian besar senyawa karbon yang ada di permukaan bumi, disimpan dalam bentuk dua molekul karbohidrat yaitu pati maupun selulosa. Kitin adalah komponen utama arthropoda atau cangkang luar dari serangga, kepiting, maupun udang. Sedangkan *heteroglycan* merupakan polimer dengan monomer gula berbeda contohnya peptidoglikan (Azhar, 2016)

3.2.1. Monosakarida

Monosakarida merupakan senyawa karbohidrat yang paling sederhana dengan formula $(CH_2O)_n$ ($n \geq 3$), yang memiliki karakteristik yaitu sangat mudah larut dalam air, memiliki warna agak putih, berbentuk padat kristal, dan memiliki rasa yang manis. Secara umum monosakarida diperoleh dari senyawa sederhana pada proses yang glukoneogenesis dan sebagian kecil monosakarida lainnya diperoleh dari proses fotosintesis tumbuhan maupun bakteri tertentu. Monosakarida juga merupakan komponen utama asam nukleat dan senyawa penting dari lipid. Contoh monosakarida yaitu glukosa yang merupakan sumber energi utama bagi saraf maupun otak, sedangkan fruktosa sebagai gula yang paling manis yang bersumber dari buah-buahan (Azhar, 2016).

Monosakarida merupakan polihidroksi aldehid maupun keton. Monosakarida dapat dikelompokkan berdasarkan jenis gugus karbonilnya dan jumlah atom karbon penyusunnya. Jika gugus karbonil monosakarida disusun oleh aldehid maka akan dinamakan aldosa, sedangkan jika gugus karbonil monosakarida disusun oleh keton, maka akan dinamakan ketosa. Aldosa dengan tiga hingga tujuh atom karbon berturut-turut disebut sebagai aldotriosa, aldotetrosa, aldopentosa, aldohexosa dan aldohheptosa. Ketosa dengan tiga hingga tujuh atom karbon berturut-turut disebut ketotriosa, ketotetrosa, ketopentosa, ketohexosa dan ketoheptosa. Gula yang memiliki lima

karbon dinamakan ribosa yang terdapat pada rantai RNA dan *deoxyribosa* terdapat pada rantai DNA (Azhar, 2016).

3.2.2. Disakarida

Disakarida adalah ikatan anantara dua monosakarida yang dihubungkan oleh ikatan O-glikosidik. Laktosa atau yang disebut gula susu dibentuk antara karbon anomerik (C-1) D-galaktosa dan C-4 D-glukosa. Maltosa merupakan disakarida yang dibentuk antara C-1 dan C-4 dari dua unit glukosa. Sukrosa dibentuk dari C-1 glukosa dan C-2 anomerik fruktosa sehingga merupakan salah satu gula yang bukan pereduksi (Wahyuni, 2017).

3.2.3. Oligosakarida

Oligosakarida tersusun atas tiga hingga dua belas monosakarida yang dihubungkan oleh ikatan glikosida. Oligosakarida yang dihubungkan dengan protein dinamakan glikoprotein dan jika dihubungkan oleh lipid dinamakan glikolipid. Glikoprotein mengandung lebih dari 50% karbohidrat, meskipun persentasi proteinnya lebih banyak misalnya komponen karbohidrat yang tersusun dari sebuah glikoprotein adalah struktur rantai oligosakarida dari immunoglobulin G (IgG). Pada umumnya, protein yang disekresi oleh sel eukariot adalah glikoprotein termasuk kebanyakan protein yang ada pada sel darah. Contohnya yaitu immunoglobulin (antibodi) dan beberapa hormon misalnya *follicle-stimulating* hormon, *luteinizing* hormon dan *thyroid-stimulating* hormon bersumber dari glikoprotein. Oligosakarida punya N-glikosidik yang dihubungkan ke gugus amida dari residu asparagin pada bagian Fc dari protein. Oligosakarida bukan merupakan suatu unit pengulangan monosakarida namun terdiri dari urutan monosakarida berbeda yang dihubungkan oleh berbagai jenis ikatan (Wahyuni, 2017).

3.2.4. Polisakarida

Polisakarida adalah kumpulan 10 hingga 1000 monosakarida yang dihubungkan oleh ikatan glikosida sehingga membentuk struktur rantai ataupun struktur cabang. Molekul glikogen yang mengandung unsur glukosa akan dihubungkan oleh rantai panjang ikatan α (1 $\rightarrow$ 4). Dengan demikian, setiap 10 unit glukosa, memiliki rantai yang bercabang karena terbentuknya suatu ikatan glikosidik α (1 $\rightarrow$ 6). Setiap segmen rantai lurus pada glikogen akan membentuk konformasi heliks terbuka sehingga enzim akan dengan mudah masuk untuk melakukan metabolisme glikogen. Oleh karena itu, enzim yang berperan dalam mengurai glikogen (glikogen fosforilase) akan mengkatalisis pemindahan sekuensial unit glikosil dari *nonreducing* dan rantai glikogen, sejumlah cabang dengan *nonreducing* dan meningkatkan pemecahan polisakarida. Hal ini memungkinkan terjadinya mobilisasi simpanan glikogen dalam jumlah yang cukup saat dibutuhkan (Wahyuni, 2017).

Dekstran adalah polisakarida yang sangat dibutuhkan oleh tubuh karena merupakan komponen utama substitusi plasma darah maupun bahan makanan, agarosa yang berasal dari algae atau ganggang laut untuk produksi zat pengental (gel), inulin atau polimer fruktosa lainnya yang digunakan sebagai pengganti zat tepung pada produk makanan diabetes, serta glikogen atau cadangan glukosa di hati dan otot (Wahyuni, 2017).

Karbohidrat bukan merupakan zat utama pada pakan. Akan tetapi, karbohidrat harus ada di dalam pakan. Ikan memiliki kemampuan terbatas dalam mencerna karbohidrat pakan karena adanya keterbatasan enzim pencernaan. Karbohidrat diperoleh dari tepung-tepungan misalnya tepung jagung, tepung dedak, tepung gandum dan lain-lain. Karbohidrat pada tubuh ikan akan disimpan dalam bentuk glikogen.

Ikan membutuhkan karbohidrat setiap hari dengan jumlah tertentu. Tubuh ikan tidak membutuhkan karbohidrat dalam jumlah pasti tetapi kekurangan asupan karbohidrat akan sangat berdampak terhadap kelangsungan hidup ikan. Dibutuhkan sekitar 2 gram karbohidrat disetiap kilogram berat tubuh ikan dalam sehari untuk mencegah terjadinya ketosis. Ikan memiliki kemampuan dalam menjaga keseimbangan karbohidrat, protein, dan lemak sebagai

sumber energi. Jika karbohidrat ditiadakan di dalam pakan, makan cadangan lemak pada jaringan adiposa akan dimobilisasi sehingga tubuh ikan tidak dapat mengoksidasi karbohidrat seluruhnya menjadi CO_2 maupun H_2O . Sebagian dari hasil penguraian lemak, kemudian diubah menjadi substansi keton bodies. Tubuh ikan mampu menggunakan keton bodies sebagai sumber energi dan dikeluarkan melalui urine, tetapi produksi keton bodies dalam jumlah besar ataupun penumpukan keton bodies di dalam darah akan menyebabkan terjadinya ketosis (Manik and Arleston, 2021).

Kebutuhan asupan karbohidrat di dalam pakan dipengaruhi oleh kebiasaan makan pada ikan tersebut. Ikan herbivora membutuhkan pakan dengan kadar karbohidrat berkisar antara 20-30%. Sedangkan ikan karnivora membutuhkan karbohidrat sekitar 10-20% saja. Meskipun karbohidrat dibutuhkan dalam jumlah sedikit, pakan yang diberikan ke ikan harus dilengkapi dengan kadar karbohidrat sebagai sumber energi agar menghemat penggunaan protein sebagai sumber energi. Kurang tersedianya kadar karbohidrat maupun lemak pada pakan, akan menyebabkan proses metabolisme dan penggunaan protein pakan yang tidak efisien. Misalnya kepiting dan udang membutuhkan karbohidrat dalam jumlah yang besar karena karbohidrat digunakan sebagai zat pembentuk kitin pada cangkangnya (Manik and Arleston, 2021).

Namun, penambahan karbohidrat secara berlebihan dalam pakan, akan memicu terjadinya penumpukan glikogen yang berlebih di dalam tubuh. Tingginya penumpukan glikogen akan mengakibatkan tingginya mortalitas atau menyebabkan kematian pada ikan. Selain itu, kandungan serat kasar yang terlalu tinggi pada pakan akan menyebabkan kualitas pakan menjadi menurun. Hal ini dikarenakan, serat kasar pakan merupakan bagian dari karbohidrat yang akan menghambat terjadinya proses metabolisme tubuh, apabila kadarnya diatas 21% (Manik and Arleston, 2021).

3.3. Protein

Protein merupakan *macromolekul* yang berperan penting dalam pakan. Protein tersusun atas 20 jenis asam amino esensial maupun nonesensial yang dihubungkan oleh ikatan peptida. Ikatan peptida bersifat sangat stabil dan memerlukan enzim proteolitik yaitu protease dan peptidase (Marks, 2000). Asam amino terdiri dari beberapa unsur yaitu unsur karbon, oksigen, hidrogen, dan nitrogen. Selain itu, beberapa asam amino juga terdiri dari unsur fosfor, kobalt, besi, sulfur maupun iodin. Nitrogen merupakan unsur utama protein yang tidak terdapat di lemak maupun karbohidrat (Manik and Arleston, 2021). Protein merupakan molekul yang lebih kompleks jika dibandingkan dengan karbohidrat maupun lemak. Protein merupakan penyusun utama makhluk hidup. Secara biologis, protein sebagai zat pembentuk struktur tubuh, sebagai pengkatalis reaksi kimia, sebagai zat pengatur tubuh, media transfer, dan sebagai antibodi. Selain itu, protein juga berfungsi sebagai penyusun vitamin, asam nukleat, dan lain-lain (Manik and Arleston, 2021).

Tingkatan protein terdiri atas empat yaitu struktur primer, sekunder, tersier, dan kuartener. Struktur primer merupakan tingkatan protein dengan urutan asam amino hasil dari ekspresi gen. Struktur sekunder merupakan struktur protein yang berpilin dalam satu rantai peptida. Struktur tersier merupakan struktur tiga dimensi dari rantai polipeptida. Struktur kuartener terjadi jika lebih dari satu rantai peptida (Atmaja *et al.*, 2022). Dalam ransum pakan, protein menjadi unsur terpenting dan menjadi tolak ukur kualitas pakan. Pakan berkualitas baik apabila memiliki protein yang sesuai dengan kebutuhan ikan dan memiliki asam amino dalam jumlah yang lengkap. Beberapa sumber protein yang baik digunakan dalam pakan ikan yaitu tepung darah, tepung ikan, tepung kepala ikan, tepung ampas tahu, tepung kedelai, tepung daging, tepung cumi, maggot, ikan rucah, dan lain-lain. Tepung ikan adalah bahan baku utama sumber protein pada pakan.

Selain karbohidrat dan lemak, protein juga sangat dibutuhkan oleh ikan untuk mendukung pertumbuhan ikan. Tinggi rendahnya kadar protein pada pakan, akan mempengaruhi laju pertumbuhan dan pemanfaatan atau efisiensi pakan yang dikonsumsi oleh ikan. Pakan dengan kadar protein rendah ataupun terlalu tinggi, dapat menyebabkan laju pertumbuhan terhambat dan meningkatkan biaya produksi yang bersumber dari biaya pakan. Protein berperan sebagai salah satu senyawa organik kompleks dengan memiliki bobot molekul yang relatif tinggi dan sangat dibutuhkan oleh ikan sebagai sumber energi. Protein dibutuhkan secara berkesinambungan karena asam amino juga secara terus menerus dibutuhkan selama proses pertumbuhan maupun selama proses reproduksi ikan berlangsung. Beberapa asam amino dapat disintesis dari asam amino yang lain, sedangkan beberapa juga harus diperoleh dari pakan (Manik and Arleston, 2021). Asam amino yang tidak dapat diproduksi oleh tubuh sehingga harus diperoleh dari protein pakan dinamakan asam amino esensial. Adapun asam amino esensial yaitu isoleusin, leusin, lisin, metionin, sistein, valin, triptofan, tirosin, fenilalanin, dan treonin. Sedangkan asam amino non esensial merupakan asam amino yang dibutuhkan oleh tubuh dan tubuh mampu mensintesisnya sendiri yang terdiri dari glicin, serin, alanin, prolin, sistein, tirosin, arginin, dan glutamin (Manik and Arleston, 2021).

Hasil penelitian (Ananta, 2007) bahwa pemberian maggot sebagai sumber protein pakan benih ikan botia dengan menggunakan tiga jenis sumber protein yaitu maggot, cacing tanah, dan cacing darah, menunjukkan hasil pertumbuhan ikan botia yang diberi pakan maggot lebih cepat dua kali dibandingkan dengan cacing tanah maupun cacing darah. Selanjutnya, pemberian maggot dalam bentuk segar telah dilakukan oleh (Fahmi *et al.*, 2009) bahwa benih ikan balashark yang diberi pakan maggot segar memperlihatkan efek pertumbuhan tiga kali lebih cepat jika dibandingkan dengan pemberian pakan komersial. Pemberian maggot dalam bentuk segar sebagai sumber protein pakan juga dilakukan oleh (Chumaidi *et al.*, 2007) bahwa induk ikan balashark yang diberi pakan maggot segar memberikan hasil positif terhadap aspek reproduksi misalnya jumlah induk jantan yang matang gonad, persentase pembuahan, dan nilai fekunditas ikan balashark. Maggot sebagai sumber protein pakan mampu mengubah material organik menjadi berat tubuhnya

(Fahmi and Hem, 2007). Maggot mampu mereduksi 50-70% nutrisi yang terdapat pada medianya. Maggot mempunyai beberapa enzim pencernaan seperti enzim proteolitik, enzim fibrolitik, serta enzim yang mampu mendegradasi karbohidrat. Enzim yang terdapat pada tubuh maggot tersebut, mampu mencerna bahan organik dengan kandungan serat tinggi yang kemudian diubah menjadi bahan protein (Hadadi *et al.*, 2009)

Kadar protein pakan dapat berkurang akibat proses pemasakan. Hal ini dikarenakan, kadar protein dapat rusak akibat suhu tinggi (Ifak, 2013). Kadar protein pakan dapat ditingkatkan dengan penambahan berbagai jenis bahan baku yang mengandung protein hewani maupun protein nabati. Dalam tubuh ikan, protein berfungsi sebagai struktur penyusun tubuh, zat yang mampu menggantikan sel yang rusak dan sebagai sistem pertahanan tubuh.

3.4. Lemak

Lemak adalah *macronutrient* dengan kandungan energi yang tinggi. Lemak merupakan ester gliserol yang banyak mengandung komponen asam lemak jenuh yang pada suhu kamar akan berbentuk padat, dan jika pada suhu tinggi, lemak akan berubah bentuk menjadi cair. Lemak yang berbentuk cair disebut minyak yang tersusun atas asam lemak tidak jenuh. Lemak maupun minyak yang dalam keadaan murni tidak berbau, tidak berwarna dan tidak berasa. Bau, warna dan rasa yang khas pada minyak disebabkan oleh senyawa organik lain yang terdapat pada unsur penyusunnya. Sedangkan warna kuning pada mentega dikarenakan oleh zat β -karoten atau pigmen warna kuning yang juga terdapat pada buah wortel (Manik and Arleston, 2021).

Rasa khas pada mentega bersumber dari senyawa 3-hidroksi, 2-butanon, dan diasetil. Senyawa tersebut diperoleh selama krim mengalami proses pematangan. Ketidakterjenuhan minyak ataupun lemak dapat diubah menjadi jenuh dengan penambahan zat hidrogen dengan bantuan katalis yang disebut proses hidrogenasi. Oleh karena itu, lemak ataupun minyak yang memiliki titik leleh rendah dapat berubah menjadi lemak atau minyak dengan titik leleh tinggi. Apabila lemak ataupun minyak yang dikonsumsi terkena suhu tinggi, udara, dan cahaya, maka lemak dan minyak akan mengalami proses

hidrolisis ataupun pemecahan. Bau tengik pada lemak dihasilkan dari asam lemak yang memiliki bobot molekul yang rendah. Ketengikan oksidatif tersebut, dapat dicegah dengan pemberian anti-oksigen, misalnya 3-1-butyl -4-hidroksianisol (BHA) (Manik and Arleston, 2021).

Kadar lemak pada pakan ikan sekitar 6,89%. Kualitas bahan baku yang bervariasi, jenis ikan dan proses pembuatan menyebabkan perbedaan kandungan lemak pada pakan. Lemak merupakan salah satu sumber energi yang dibutuhkan ikan untuk menjaga kelangsungan hidupnya dan juga berperan dalam penyimpanan pakan (Darsudi and Putu, 2008). Umumnya lemak digunakan sebagai sumber energi tubuh, bahan baku penyusun hormon, bahan baku insulasi terhadap perubahan suhu lingkungan, membantu transport vitamin yang larut dalam lemak, serta sebagai pelindung terhadap organ tubuh bagian dalam. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemberian pakan dengan kadar lemak yang tidak cukup menyebabkan terhambatnya pertumbuhan bahkan menyebabkan kematian pada organisme tersebut. Lemak dan minyak tergolong dalam zat yang tahan di dalam saluran pencernaan jika dibandingkan dengan protein maupun karbohidrat. Demikian pula dengan proses penyerapan lemak maupun minyak yang lambat jika dibandingkan dengan karbohidrat dan protein. Olehnya itu, pakan dengan kandungan lemak yang optimum, mampu memberikan menghambat rasa lapar jika dibandingkan dengan pakan yang memiliki kadar lemak yang rendah (Manik and Arleston, 2021).

Satu gram lemak, protein, dan karbohidrat berturut-turut setara dengan 9, 5, dan 4 kalori. Lemak adalah sumber asam lemak esensial yang tidak dapat diproduksi oleh tubuh sehingga harus diperoleh dari pakan. Lemak tubuh yang terdapat di dalam jaringan adipose berperan sebagai insulator yang membantu tubuh dalam mempertahankan suhu rendah. Dalam pakan, lemak berfungsi sebagai pemberi rasa gurih, memberikan kualitas renyah serta memberikan efek empuk (Manik and Arleston, 2021). Sekitar 90% lemak dalam pakan merupakan lemak dalam bentuk trigliserida, dan sisanya dalam bentuk fosfolipid maupun kolesterol. Asam lemak jenuh sebagian besar berasal dari asam lemak produk hewani. Sedangkan, asam lemak tidak jenuh berantai panjang sebagian besar berasal dari asam lemak produk nabati (Manik and Arleston, 2021).

Asam lemak jenuh maupun asam lemak tak jenuh merupakan asam lemak yang banyak terdapat di dalam pakan yang menyebabkan kolesterol tubuh menjadi lebih rendah. Lemak jenuh merupakan lemak yang tersusun oleh hidrogen dan tidak mengandung dua rantai ikatan atom karbon yang banyak terdapat pada hewan misalnya daging, susu, maupun kripik. Sedangkan, lemak tak jenuh banyak terdapat pada produk tanaman yaitu kacang-kacangan (Manik and Arleston, 2021).

Beberapa jenis bahan baku pakan ikan sebagai sumber protein, karbohidrat, maupun lemak terlihat pada tabel berikut.

Tabel 3.1 Bahan Baku Pakan Sumber Protein, Karbohidrat, Lemak

No	Bahan Baku	Kandungan Nutrisi (%)				
		Protein	Lemak	Abu	Serat	Air
1	Tepung ikan rucah	22,65	15,35	26,65	1,80	10,72
2	Tepung rebon	59,4	3,6	3,2	-	21,6
3	Tepung benawa	23,38	25,33	11,41	11,82	5,43
4	Tepung kepala udang	48,35	6,65	7,72	14,61	17,28
5	Tepung anak ayam	61,65	27,30	2,34	-	8,80
6	Tepung kepompong ulat sutra	46,74	29,75	4,86	8,89	9,76
7	Ampas minyak hati ikan	25,08	56,75	6,60	-	12,06
8	Tepung darah	71,45	0,42	5,45	7,95	5,19
9	Silase ikan	18-20	1-2	4-6	0	70-75
10	Tepung tulang	25,54	3,80	61,60	1,80	5,52
11	Tepung bekicot	54,29	4,18	4,07	30,45	7,01
12	Tepung dedak	8,2	12,15	10,5	24,46	10,15
13	Tepung dedak gandum	11,99	1,48	0,64	3,75	17,35
14	Tepung sorgum	13,0	2,05	12,6	13,5	10,64
15	Tepung terigu	8,9	1,3	0,06	77,3	13,25
16	Tepung kedelai	44	14,3	5,4	2,8	8,4
17	Tepung ampas tahu	23,55	5,54	17,03	16,53	10,43
18	Tepung bungkil kacang tanah	47,9	10,9	4,8	3,6	7,8
19	Bungkil kelapa	17,9	9,44	5,92	30,4	13,35
20	Tepung biji kapuk	27,4	5,6	7,3	25,3	6,1
21	Tepung daun lamtoro	36,82	5,4	1,31	18,14	8,8
22	Tepung daun singkong	34,21	4,6	0	14,69	0,12

(Sumber :Manik and Arleston, 2021)

DAFTAR PUSTAKA

- Ananta, S. (2007) 'Pertumbuhan Benih Ikan Botia (*Chromobotia macracanthus* Bleeker) yang diberi Pakan Alami Maggot, Cacing Darah Dan Cacing Tanah', *Universitas Negeri Jakarta*.
- Atmaja, R. F. D., Amalia Shari, Afifa Radhina, Mike Permata Sari, Maroloan Aruan, Ria Amelia, Marni Tangkelangi, Aini, Ayu Wita Sari, T. G. O. (2022) *Teori Biokimia Dasar*. Jakarta: PT. Scieintech Anrew Wijaya.
- Chumaidi, Priyadi A, Subagia J, H. S. (2007) 'Teknik Pembenihan Ikan Balashark *Balantiocheilus melanopterus*', *Balai riset ikan hias*.
- Darsudi and Ni Putu A.A. (2008) 'Analisis Kandungan Proksimat Bahan Baku dan Pakan Buatan. *Scylla paramamosain*.'
- Dawn B. Marks, Allan D. Mrks, C. M. S. (2000) *Biokimia Kedokteran Dasar: Sebuah Pendekatan Klinis*. Jakarta: EGC.
- Fahmi, M. R. and Hem, S. (2007) 'Potensi Maggot sebagai Salah Satu Sumber Protein Pakan Ikan.', *Institut de Recherche Pour le Developpement) Perancis*.
- Fahmi MR, H. S. dan S. I. (2009) 'Potensi maggot untukpeningkatan pertumbuhan dan status kesehatan ikan', *Jurnal Riset Akuakultur*, 4(2).
- Hadadi, A. and , Herry, K. T Wibowo, E. Pramono, A. Surahman, dan E. R. (2009) 'Aplikasi Pemberian Maggot Sebagai Sumber Protein Dalam Pakan Ikan Lele Sangkuriang (*Clarias* sp.) dan Gurame (*Osphronemus gouramy* Lac.)', *Laporan Tinjauan Hasil Tahun 2008 Balai Besar Pengembangan Budidaya Air Tawar Sukabumi*.
- Ifak, K. (2013) 'Desain Optimal Pengolahan Sludge Padat Biogas Sebagai Bahan Baku Pakan Ikan Lele.', *Fakultas Pertanian UB*.
- Manik, R. R. D. S. and Arleston, J. (2021) *Nutrisi dan pakan ikan, Angewandte Chemie International Edition*, 6(11), 951–952. Available at: www.penerbitwidina.com.
- Sri Wahyuni (2016) *Biokimia Enzim dan Karbohidrat*. Aceh: Unimal Press.

BAB 4

PAKAN BUATAN

Oleh Atika Marisa Halim

4.1 Pendahuluan

Nutrisi yang baik dalam sistem budidaya akuatik adalah salah satu faktor penting untuk produksi ekonomi yang sehat dan berkualitas tinggi. Dalam budidaya ikan (akuakultur), nutrisi sangat penting karena pakan biasanya mewakili sekitar 70 persen dari variabel biaya produksi. Nutrisi ikan telah meningkat secara dramatis beberapa tahun terakhir ini seiring dengan perkembangan inovasi, pakan komersial khususnya dalam bentuk pakan buatan terbukti mendorong pertumbuhan ikan yang optimal dan dapat menunjang kesehatan kultivan. Pengembangan formulasi pakan pada beberapa spesies mendukung industri akuakultur untuk memenuhi peningkatan permintaan akan produk-produk yang terjangkau, ikan yang dibudidayakan juga berkualitas dan dapat menghasilkan produk pakan yang aman dan berkualitas tinggi.

Akhir-akhir ini peningkatan permintaan pakan komersil di pasar sangat beraneka baik jenis maupun komposisi. Hal ini menuntut adanya selektifitas memilih pakan yang berkualitas untuk kegiatan budidaya perikanan. Sejauh ini isu terpenting terkait masalah pakan ikan adalah kesulitan memperoleh pakan yang memiliki nutrisi dan sifat sesuai dengan kebutuhan serta kondisi biologis ikan atau biota kultur. Sehingga hal ini menjadi salah satu yang dapat menghambat pengembangan budidaya ikan.

Pakan ikan dikatakan bermutu apabila mengandung gizi yang diperlukan untuk pertumbuhan ikan maupun udang. Menurut Darmawiyanti *et al.*, (2015), pakan yang berkualitas mengandung 70% protein, 15% karbohidrat, 10% lemak dan 5% vitamin, air dan mineral yang ditujukan untuk ikan karnivora. Namun, Linga (2021) berpendapat bahwa berdasarkan pakan dinilai dari nilai gizinya, bahan tergolong kaya protein dan kaya energi. Bahan pakan yang mengandung protein kasar kandungannya 20% atau lebih dan dengan serat kasar kurang dari 20%. dianggap kaya protein, sedangkan bahan kaya energi mengandung kurang dari 20% protein kasar dan kurang dari 20% serat kasar. Contoh bahan kaya protein antara lain tepung ikan, tepung udang, tepung kerang, tepung cumi, tepung daging dan tulang, tepung darah, tepung hasil samping unggas, tepung bulu terhidrolisis, bungkil kedelai, tepung biji kapas, bungkil kacang tanah, penyuling biji-bijian kering dengan bahan terlarut, tepung bunga matahari, tepung kanola. Sedangkan bahan yang menjadi sumber energi adalah bahan - bahan termasuk sereal seperti jagung, beras dan gandum, lemak dan minyak nabati dan hewani. Setiap sumber bahan pada pakan buatan mungkin memiliki nilai gizi yang berbeda, oleh karena itu pemilihan bahan yang baik dapat dilihat berdasarkan indikator nilai gizi yang dikandungnya; pencernaan; dan bioavailabilitas (penyerapan). Pakan yang berkualitas akan membantu tercapainya tujuan produksi yang optimal. Sehingga perlu diketahui tentang nilai gizi, komposisi dan hasil uji fisiknya.

4.2 Ruang Lingkup Pakan Buatan

Ketika pakan alami tidak tersedia dalam jumlah yang cukup untuk memberikan nutrisi bagi pertumbuhan ikan, diperlukan nutrisi lain berupa pakan buatan. Pakan buatan merupakan campuran dari berbagai bahan pangan (biasa disebut bahan mentah), baik dari sumber nabati dan hewani yang telah diolah, sehingga mudah dibentuk dan dicerna bagi organisme akuatik. Selain itu, bahan tersebut merupakan sumber nutrisi bagi ikan yang menghasilkan energi untuk mendukung pertumbuhan dan aktivitasnya.

Pakan buatan merupakan campuran atau olahan dari bahan baku yang bersumber dari sumber nabati maupun hewani, bisa dalam bentuk remahan (*crumble*) atau pelet, yang disesuaikan umur dan stadia perkembangan ikan. Pakan remahan (*crumble*) baik digunakan untuk stadia larva, pakan dengan bentuk pelet baik untuk digunakan untuk stadia benih memiliki ukuran (0,08-1mm), remaja (2-3mm) dan dewasa (4,5 mm). Meskipun penggunaan pakan buatan lebih mahal dibandingkan dengan pakan alami, khususnya pakan komersil, namun pakan tersebut juga memiliki keuntungan yang baik untuk mendukung produktifitas biota kultur (Atsu, 2017). Keuntungan dari penggunaan pakan buatan antara lain:

1. Mendukung kegiatan budidaya dengan padat tebar yang tinggi, khususnya pada sistem polikultur
2. Membantu meningkatkan pertumbuhan kultivan
3. Pakan buatan yang tidak termakan, akan terdegradasi secara biologis di dalam air. Hasil tersebut dapat dijadikan pupuk alami untuk meningkatkan pertumbuhan plankton.
4. Pembudidaya dapat memantau atau memonitoring laju pertumbuhan ikan melalui perilaku pengambilan pakan dan Kesehatan ikan.
5. Meningkatkan warna pada jenis ikan hias

Pembudidaya perlu memperhatikan sifat dan syarat pakan buatan untuk efektifitas dan efisiensi pemanfaatannya bagi kultivan, diantaranya sebagai berikut:

- a. Kualitas pakan yang tepat sesuai dengan komoditas yang dibudidayakan, dilihat dari:
 - Pakan ikan yang dipilih harus mencukupi kebutuhan gizi ikan yang dibudidayakan, dilihat dari kandungan nutrisi bahan baku yang mengandung: protein, lemak, karbohidrat, vitamin, dan mineral. Kandungan gizi pakan terutama protein harus sesuai dengan kebutuhan ikan.
 - Bahan baku untuk formulasi pakan sesuai dengan pakan dan panjangnya usus ikan yang dibudidayakan. Pemilihan jenis pakan yang sesuai akan meningkatkan ratio konversi makanan ikan menjadi daging ikan.
 - Tidak mengandung antibiotik dan zat racun.

- Memperhatikan batas kadaluarsa pakan.
- b. Bentuk dan karakteristik pakan sesuai kebutuhan, dilihat dari:
 - Ukuran pakan dipilih sesuai dengan umur dan bukaan mulut ikan.
 - Memiliki aroma yang disukai ikan yang dibudidayakan (mengandung atraktan)
 - Kestabilan pakan dan ketahanan pakan dalam air sesuai dengan kebiasaan makan ikan.
- c. Secara ekonomis menguntungkan, dilihat dari:
 - Mudah diperoleh (kontinuitas dan kemudahan transportasi).
 - Harganya relatif murah jika dibandingkan harga ikan yang dibudidayakan, dengan ratio harga pakan maksimal 70% dari harga ikan.

Pakan buatan biasanya disiapkan sebagai pakan terapung atau tenggelam. Kedua jenis pakan tersebut membantu pertumbuhan ikan, namun beberapa spesies ikan lebih menyukai pakan terapung. Biaya yang dikeluarkan untuk pakan cukup mahal karena biaya produksi pakan terapung yang tinggi. Salah satu kelebihan pakan jenis ini adalah pembudidaya dapat dengan mudah mengamati asupan pakan ikan secara langsung dan juga dapat menentukan takaran pemberian pakan yang sesuai. Sangat penting untuk menentukan apakah tingkat asupan pakan yang diberikan terlalu tinggi (*overfeeding*) atau terlalu rendah (*underfeeding*) untuk memaksimalkan pertumbuhan ikan dan efisiensi pemanfaatan pakan.

Variasi ukuran pakan ikan perlu diperhatikan. Secara khusus, ukuran pellet dibedakan mulai dari yang halus hingga berbentuk pellet besar. Ukuran pellet biasanya 20-30% dari ukuran mulut ikan. Untuk memakan pellet ukuran kecil, ikan harus mencari pellet dalam jumlah besar sehingga memakan banyak waktu dan tenaga. Berbagai jenis pakan buatan digunakan dalam budidaya ikan sistem intensif dan semi intensif. Dua jenis makanan buatan yang biasa digunakan diantaranya pakan kering dan pakan tidak kering.

1. Pakan Kering (*Dry Feed*)

Pakan kering masih mengandung kadar air pada kisaran 7-13%. Bahan-bahan yang digunakan pada jenis pakan kering mudah untuk diproduksi, diangkut, disimpan dan mudah untuk diaplikasikan pada sistem budidaya. Keuntungan lainnya termasuk pembelian dalam jumlah besar dan pilihan penyimpanan bahan lebih dapat dimonitor oleh para pembudidaya ikan. Pakan kering dapat diproduksi dalam berbagai ukuran untuk menyesuaikan dengan kebutuhan spesifik ikan dan jenis ukuran atau stadia perkembangannya. Pakan kering juga dapat dicampurkan dari jenis bahan tambahan lainnya seperti obat-obatan tertentu atau antibiotik yang diperlukan untuk mengendalikan serangan penyakit, pakan yang mengandung hormon untuk menghasilkan individu monoseks atau untuk peningkatan pertumbuhan dan dapat digunakan untuk menginduksi pematangan gonad pada ikan dan udang.

Pakan kering dapat dibuat dengan menggunakan bahan-bahan kering saja atau campuran bahan-bahan basah. Pakan kering dapat dibuat dalam bentuk pellet ukuran sedang dan besar, tepung/meal, remahan/crumble, butiran/*granules*, serpihan/*flakes* (Gambar 4.1).



Gambar 4. 1 Bentuk-bentuk Pakan Buatan

Sumber: (Aquaculture Fisheries Division, 2009)

2. Pakan Tidak Kering (*Non Dey Feed*)

Biasanya ada dua jenis pakan tidak kering, seperti basah atau lembab. Biasanya makanan basah terdiri dari berbagai jenis bahan basah seperti ikan segar atau beku, dari limbah pengolahan ikan lainnya termasuk darah penyembelihan sapi dan bahan nabati tidak kering. Jenis pakan non kering ini mengandung kelembapan 45-70%. Pakan ikan non kering biasanya digunakan untuk spesies ikan laut tertentu. Kekurangan dari jenis pakan tersebut adalah dapat mencemari air budidaya. Akibat mengkonsumsi makanan tersebut, banyak agen penyakit yang menular terbawa dalam pakan. Karena variasi ukuran pakan tersebut, semakin banyak juga sisa pakan yang terbuang sehingga berkontribusi terhadap pencemaran air, sehingga pakan non kering sangat dibatasi dalam komoditas air tawar. Pakan basah bentuknya beragam yaitu emulsi, larutan suspensi dan pasta (Akbari et al., 2010).

Pakan bentuk emulsi, bahan-bahan yang terlarut menyatu dengan air sebagai pelarutnya. Bentuknya seperti dengan lem yang encer. Pakan emulsi biasanya digunakan untuk dengan mencampurkan bahan baku dengan tambahan protein dari kuning telur. Grandgirard *et al.*, (2002) berpendapat bahwa pakan bentuk emulsi diperdagangkan secara internasional dan merupakan derivat produk sampingan makanan laut. Pakan dengan bentuk emulsi tersebut diakui sebagai pupuk atau sebagai komponen dalam formulasi pupuk komersial yang dapat digunakan untuk membantu menumbuhkan pakan alami pada media budidaya. Pakan berbentuk suspensi merupakan pakan yang diolah dari bahan terlarutnya yang tidak menyatu dengan pelarutnya, diakrenakan pakan suspensi ini mengandung partikel-partikel halus yang tidak dapat larut (Wicaksana & Rachman, 2018).

Pemberian pakan bentuk larutan emulsi dan suspensi dilakukan dengan cara ditebar ke dalam media air budidaya. Jumlahnya juga disesuaikan dengan kebutuhan pada setiap komoditas budidaya. Pakan basah seperti emulsi dan suspensi ini biasanya sering dimanfaatkan untuk larya dan burayak ikan hias. Namun, pakan tersebut juga dapat diberikan kepada ikan yang sakit dengan ciri nafsu makannya menurun. Selain bentuk emulsi dan suspensi, pakan basah dapat berbentuk pakan pasta. Di Indonesia pakan pasta ini

sering digunakan untuk pakan ikan sidat. Namun, pakan pasta memiliki kekurangan yaitu sering mengendap di dasar kolam sehingga sering tidak termakan oleh biota kultur, dan mengakibatkan pencemaran media pemeliharaan dan memperburuk kualitas air media pemeliharaan. Pakan pasta biasanya harus ditambahkan bahan dengan bau menyengat/ atraktan untuk dapat menstimulus kultivan dan meningkatkan nafsu makan dari kultivan tersebut. Peningkatan konsumsi pakan pasta pada ikan dapat dilakukan dengan menyemprotkan pakan pasta dengan larutan minyak ikan, minyak cumi atau jenis bahan lain yang memiliki bau menyengat untuk merangsang kultivan makan. Arief, Yudiarto dan Agustono (2012) berpendapat bahwa penggunaan atraktan dalam pakan pasta ikan sidat mampu meningkatkan asupan nutrisi khususnya benih ikan sidat, membantu meningkatkan penyerapan protein, lemak dan energi sehingga mampu meningkatkan pertumbuhan ikan sidat itu sendiri. Bidayani *et al.*, (2023) berpendapat bahwa pembuatan pakan dengan bahan dasar limbah tepung ikan rucah dapat dijadikan pakan alternatif berbentuk pasta untuk meningkatkan pertumbuhan benih ikan lele.



Gambar 4.2 Bentuk Pakan Pasta untuk Ikan Sidat

Sumber: (Aquaculture Fisheries Division, 2009)

Di Indonesia, pengendalian sistem mutu dan keamanan hasil perikanan budidaya dilakukan dengan melalui penerapan cara pembuatan pakan ikan yang baik (CPPIB), untuk menghasilkan pakan ikan yang bermutu. Demi meningkatkan produktifitas dan jaminan mutu dari komoditas perikanan budidaya perlu adanya acuan baku atau standar yang digunakan dalam pembuatan maupun penggunaan pakan buatan bagi komoditas ikan yang dibudidayakan. Terdapat 23 Standar Nasional Indonesia (SNI) yang mengakomodir pakan buatan mulai dari pakan induk, pakan untuk pendederan dan pakan untuk pembesaran. 23 SNI tersebut terdapat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Standar Nasional Indonesia (SNI) Pakan Buatan

No	Nomor SNI	Judul
1	SNI 7548-2018	Pakan buatan untuk ikan patin (<i>Pangasius</i> spp)
2	SNI 7308-2018	Pakan buatan untuk ikan bandeng (<i>Chanos chanos</i> Forsskal, 1775)
3	SNI 7242-2018	Pakan buatan untuk ikan nila (<i>Oreochromis</i> spp.)
4	SNI 7998-2014	Pakan buatan untuk ikan mas koki (<i>Carassius auratus</i> , Linneaus 1758)
5	SNI 7869-2013	Pakan buatan untuk ikan koi (<i>Cyprinus carpio</i>)
6	SNI 7814-2013	Pakan buatan untuk produksi benih kerapu bebek (<i>Cromileptes altivelis</i>)
7	SNI 7813-2013	Pakan buatan untuk produksi benih udang vaname (<i>Litopenaeus vannamei</i>)

No	Nomor SNI	Judul
8	SNI 7771-2013	Pakan buatan untuk pembesaran ikan bawal air bintang (<i>Tracchinatus blochii</i> Lacepede)
9	SNI 7768-2013	Pakan buatan untuk pembesaran ikan bawal air tawar (<i>Colossoma macropomum</i>)
10	SNI 7675-2013	Pakan buatan untuk lobster air tawar (<i>Cherax</i> sp)
11	SNI 7674-2013	Pakan buatan untuk pembesaran ikan kakap putih (<i>Lates calcarifer</i> , Bloch)
12	SNI 7549-2009	Pakan buatan untuk udang vaname (<i>Penaeus vannamei</i>)
13	SNI 7548-2009	Pakan buatan untuk ikan patin (<i>Pangasius</i> sp.)
14	SNI 7473-2009	Pakan buatan untuk ikan gurami (<i>Osphronemus goramy</i> , Lac)
15	SNI 7472-2009	Pakan buatan untuk ikan kerapu kelas pembesaran
16	SNI 7308-2009	Pakan buatan untuk ikan bandeng budidaya intensif
17	SNI 01-7243-2006	Pakan buatan untuk udang galah (<i>Macrobrachium rosenbergii</i> de Man) pada budidaya intensif

No	Nomor SNI	Judul
18	SNI 01-7242-2006	Pakan buatan untuk ikan nila (<i>Oreochromis</i> spp) pada budidaya intensif
19	SNI 01-4414-2006	Pakan buatan untuk kodok lembu (<i>Rana catesbiana</i>)
20	SNI 01-4413-2006	Pakan buatan untuk ikan sidat (<i>Anguilla</i> spp.) pada budidaya intensif
21	SNI 01-4266-2006	Pakan buatan bagi ikan mas (<i>Cyprinus carpio</i> L.) pada budidaya intensif
22	SNI 01-4087-2006	Pakan buatan untuk ikan lele dumbo (<i>Clarias gariepinus</i>) pada budidaya intensif
23	SNI 02-2724-2002	Pakan buatan untuk udang windu (<i>Penaeus monodon</i>)

DAFTAR PUSTAKA

- Akbary, P., Hosseini, S. A., Imanpoor, M., Sudagar, M., & Makhdomi, N. M. (2010). Comparison between live food and artificial diet on survival rate, growth and body chemical composition of *Oncorhynchus mykiss* larvae. *Iranian Journal of Fisheries Sciences*, 9(1), 19–32.
- Aquaculture Fisheries Division. (2009). Fish Feed Management. *Good Aquaculture Practises, Series 1*, 32.
- Arief, M., Yudiarto, S., & Agustono, A. (2012). Pengaruh Penambahan Atraktan yang Berbeda dalam Pakan Pasta Terhadap Retensi Protein, Lemak dan Energi Benih Ikan Sidat (*Anguilla bicolor*) Stadia Elver [Effects Of Addition Different Attractants In Pasta Feed Against Retention Of Protein, Fat and Energy Eel Fish Seed (*Anguilla bicolor*) Stadia Elver]. *Jurnal Ilmiah Perikanan Dan Kelautan*, 4(2), 135–140.
<https://doi.org/10.20473/jipk.v4i2.11564>
- Atsu, D. K. (2017). *Fish Feed and Feeding 1. February*.
- Bidayani, E., Puspa, T., Fitri, A., & Valen, S. (2023). Pembuatan Pakan Alternatif (Berbentuk Pasta) Berbahan Dasar Limbah Tepung Ikan Rucah Di Desa Batu Belubang Kabupaten Bangka Tengah The Alternative Feed Production (Paste-Form) With Trash Fish Meal Waste In Batu Belubang , Central Bangka. 03(01), 122–130.
- Darmawiyanti, V., Perikanan Budidaya Air Payau Situbondo, B., Studi Budidaya Perikanan, P., Perikanan Ibrahimy Situbondo, A., Korespondensi, P., Kunci, K., buatan, P., & Perikanan Budidaya Air Payau, B. (2015). Artificial Feed Production Engineering in the Center of Fisheries Brackish-Water Aquaculture Situbondo East Java. *BPBAP) Situbondo Jawa Timur. JSAPI*, 6(2), 118–124.

- Grandgirard, J., Poinso, D., Krespi, L., Nénon, J. P., & Cortesero, A. M. (2002). Costs of secondary parasitism in the facultative hyperparasitoid *Pachycrepoideus dubius*: Does host size matter? *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 103(3), 239–248. <https://doi.org/10.1023/A>
- Linga, D. (2021). *Fish feed ingredients and additives*. July. <https://www.researchgate.net/publication/353152567>
- Wicaksana, A., & Rachman, T. (2018). 済無No Title No Title No Title. *Angewandte Chemie International Edition*, 6(11), 951–952., 3(1), 10–27. <https://medium.com/@arifwicaksanaa/pengertian-use-case-a7e576e1b6bf>

BAB 5

KOMPOSISI DAN ANALISIS BAHAN PAKAN HEWANI

Oleh Annisa Bias Cahyanurani

5.1 Pendahuluan

Jenis pakan yang digunakan dalam kegiatan budidaya perikanan dapat dibagi menjadi pakan alami maupun pakan buatan. Pakan alami dapat diperoleh di alam melalui kegiatan penangkapan ataupun diperoleh dari kegiatan budidaya (kultur pakan alami). Pakan alami yang diperoleh dari hasil penangkapan seperti ikan rucah, memiliki beberapa kekurangan apabila terus digunakan, seperti ketersediaanya yang terbatas, teknik penyimpanan lebih rumit, memiliki daya tahan yang rendah, higienitas kurang terjamin hingga dapat mengalami penurunan nutrisi jika dilakukan penyimpanan dalam waktu yang lama. Oleh karena itu pakan buatan diperlukan sebagai salah satu solusi untuk pemberian pakan dengan formulasi yang lebih baik, daya simpan yang lebih lama, pemberian yang lebih mudah hingga lebih terjamin kebersihannya.

Pembuatan pakan buatan sendiri memerlukan bahan baku yang sesuai untuk memastikan kandungan nutrisi dalam pakan nantinya mampu memenuhi kebutuhan ikan. Ikan membutuhkan nutrisi yang dapat mendukung pertumbuhan dan perkembangannya. Berbagai jenis nutrisi ini meliputi protein, karbohidrat, lemak, mineral dan vitamin yang kadarnya disesuaikan dengan kebutuhan ikan pada pakan yang diberikan.

5.2 Bahan Baku Pakan

Mujtahidah *et al.* (2023) memaparkan bahwa bahan pembuatan pakan merupakan bahan-bahan yang berasal dari kegiatan perikanan, pertanian, peternakan atau hasil dari industri yang memiliki kandungan nutrisi untuk digunakan menjadi pakan. Selain itu bahan pembuatan pakan sendiri harus memenuhi beberapa kriteria sebagai berikut, antara lain:

1. Memiliki kandungan gizi yang dapat disesuaikan dengan ikan budidaya
2. Pakan harus mudah dicerna oleh ikan
3. Terbebas dari bahan beracun
4. Bahan baku yang akan digunakan pada pakan sebaiknya bahan-bahan yang mudah diperoleh dan terjangkau

Dalam pembuatan pakan, bahan baku yang digunakan dapat berasal dari hewan (bahan pakan hewani), tumbuhan (bahan pakan nabati) maupun bahan makanan tambahan berupa vitamin, mineral, dan lain-lain. Bahan baku hewani biasanya dibutuhkan sebagai sumber protein dalam pembuatan pakan. Bagi organisme budidaya yang bersifat karnivor dimana di alam biasanya mengonsumsi hewan lain yang lebih kecil, ketika menggunakan pakan buatan maka dibutuhkan pakan dengan kandungan protein yang tinggi, sehingga pakan buatan yang dibuat harus banyak menggunakan bahan baku hewani.

5.3 Bahan Baku Pakan Hewani

Bahan baku hewani merupakan bahan baku pembuatan pakan yang berasal dari hewan atau bagian-bagian tubuh hewan. Beberapa bahan baku hewani yang akan dibahas antara lain: tepung ikan, tepung bekicot, tepung daging tulang, tepung darah, tepung maggot dan lain-lain.

5.3.1 Tepung Ikan

Tepung ikan berasal dari ikan air tawar dan ikan air laut atau sisa-sisa produksinya. Kualitas tepung ikan ditentukan tidak hanya dari jenis ikan yang digunakan akan tetapi cara pengolahannya. Tingkat kesegegaran ikan juga mempengaruhi kualitas tepung ikan yang dihasilkan. Ada dua tipe dasar tepung ikan, yaitu yang dihasilkan dari limbah perikanan yang terkait dengan pengolahan berbagai produk perikanan yang dapat dimakan manusia (salmon, tuna, dan lain-lain.) dan yang dihasilkan dari ikan yang khusus dipanen untuk menghasilkan tepung ikan (*herring*, *menhaden*, *pollock*, dan lain-lain). Tepung ikan diproduksi langsung dengan cara memasak atau mengeringkan ikan mentah lalu diekstraksi minyaknya. Selain merupakan produk sampingan dari pengolahan ikan untuk konsumsi manusia, tepung ikan juga merupakan produk sampingan yang terkait dengan produksi minyak ikan. Di beberapa belahan dunia, tepung ikan digunakan sebagai sumber protein tambahan utama yang diberikan kepada ternak karena sumber protein nabati tidak tersedia atau terlalu mahal.

Ikan kecil yang bertulang dan mengandung minyak yang biasanya tidak cocok untuk dikonsumsi manusia kebanyakan dijadikan bahan baku untuk pembuatan tepung ikan komersial. Selain itu, produk sampingan industri pengolahan makanan laut juga menjadi bahan baku beberapa tepung ikan. Tepung ikan termasuk bahan pakan yang memiliki gizi seimbang yaitu tinggi protein, energi dan mineral seperti fosfor (P) dan kalsium (Ca). Selain itu tepung ikan juga merupakan sumber vitamin alami, seperti vitamin A, B12, D, E, kolin dan biotin serta beberapa elemen seperti yodium dan selenium juga terkandung di

dalamnya. Keunggulan pada tepung ikan juga terletak terutama pada kandungan asam lemak omega-3 rantai panjang dan asam amino esensial.

Komposisi asam amino dari tepung ikan yang seimbang dapat melengkapi dan memberikan efek sinergis dengan protein hewani dan nabati lainnya yang terdapat dalam pakan sehingga mampu mendorong pertumbuhan ikan yang cepat dan menekan biaya pakan. Tepung ikan dan minyak ikan dengan kualitas tinggi mengandung semua asam amino esensial, asam lemak (DHA dan EPA) dan fosfolipid dalam jumlah seimbang untuk mendukung pertumbuhan dan perkembangan ikan menjadi lebih optimal (Gaines *et al.*, 2005) serta mendukung reproduksi (Maldjian *et al.*, 2005). Nutrisi dalam tepung ikan juga membantu ketahanan terhadap penyakit (Babu *et al.*, 2005). Komposisi kimia dari beberapa tepung ikan, dapat dilihat pada tabel 5.1 berikut:

Tabel 5.1 Komposisi Kimia Beberapa Jenis Tepung Ikan

Jenis Tepung Ikan	Persentase (%)					
	Protein	Lemak	Karbohidrat	Serat	Abu	Air
Mujair	43,57-55,60	2,70-11,20	29,0	0,67	19,50	6,34-12,04
Lemuru	63,47	16,35	-	-	12,20	6,79
Petek/tatameri	60,00-67,20	5,23-15,12	2,37	-	13,20	9,12-9,60
Tembang/juhi	58,40	4,84	-	-	-	-
Kembung	40,63	5,25	-	-	31,96	20,90
Tongkol	55,72	4,11	-	-	28,60	4,95
Tuna	83,90	0,72	-	-	-	17,11
Cucut atas	61,40	1,92	-	-	-	12,91
Cucut botol	63.17	3,09	-	-	-	10,65

Sumber: Kordi (2009)

Asam amino yang terkandung dalam tepung ikan juga merupakan keunggulan tersendiri apabila dibandingkan dengan asam amino yang berasal dari protein nabati, berikut adalah perbandingan komposisi asam amino pada tepung ikan dengan beberapa bahan baku pakan lainnya.

Tabel 5.2 Komposisi Asam Amino Amino Esensial (EAA)

Komposisi	Tepung Ikan	Tepung Kedelai	Tepung Darah	Tepung Hasil Samping Unggas	Tepung Daging Olahan
Protein kasar (%)	64,6	47,5	77,1	64,1	54,0
Abu (%)	15,0	6,0	4,4	19,0	25,0
Na (%)	0,88	0,02	0,50	0,30	0,80
Asam Amino Esensial, g/100g protein kasar					
Arginin	5,70	7,33	4,33	6,15	6,67
Treonin	4,37	3,89	5,25	3,40	3,65
Valin	5,43	4,78	9,14	3,92	4,93
Isoleusin	4,74	4,55	1,18	3,14	2,96
Fenilalanin	4,12	5,03	6,93	3,53	4,02
Leusin	7,74	7,71	14,25	6,07	7,11
Tirosin	3,33	3,83	2,94	2,43	2,59
Sistein	0,94	1,56	1,41	1,01	1,11
Histidin	2,41	2,69	6,56	1,95	2,11
Triptofan	1,18	1,37	1,40	0,75	0,65
Metionin	3,02	1,41	1,28	1,73	1,48
Lisin	7,91	6,36	9,13	5,18	5,69

Sumber: NRC (1998) dan Batal dan Dale (2010) dalam Cho dan Kim (2011)

5.3.2 Tepung Daging Tulang (*Meat and Bone Meal/MBM*)

Tepung daging tulang adalah bahan baku pakan hewani yang berasal dari ternak yang telah diafkirkan dari peternakan besar, seperti ternak dri peternakan di Australia dan Selandia Baru. Tepung daging tulang merupakan produk yang dihasilkan dari jaringan mamalia, termasuk tulang, tetapi biasanya tidak mengandung tambahan darah, rambut, kuku, tanduk, sisa kulit, kotoran, dan isi perut atau rumen. Tepung daging tulang memiliki kadar protein kasar sekitar 50%, dengan kandungan kalsium dan fosfor khas masing-masing 10 dan 5%.

Tepung daging tulang mengandung sumber asam amino yang seimbang, akan tetapi kualitasnya ditinjau kembali berdasarkan ketersediaan atau kecernaannya asam amino bervariasi tergantung pada produk dan kondisi saat pemrosesan (suhu, kelembaban, tekanan dan waktu). Panas merupakan komponen penting dalam produksi tepung daging tulang; faktor kritis yang mempengaruhi kualitas protein adalah derajat pemanasan dan lamanya waktu penerapan panas tersebut. Ketika protein terkena suhu yang lebih tinggi, akibatnya daya cernanya berkurang sebagai reaksi antara asam amino dan senyawa lain dan reaksi intramolekul antara asam amino dalam molekul protein yang tidak dapat dipecah oleh enzim pencernaan. Selain itu, kondisi pemrosesan yang tidak tepat yang digunakan untuk menghasilkan tepung daging tulang dapat mengurangi pencernaan lisin secara signifikan (>20%). Komposisi kimia tepung daging tulang dapat dilihat pada tabel 5.3.

Tabel 5.3 Komposisi Kimia Tepung Daging Tulang

Komponen		g/100 g Bahan Kering
Analisis proksimat	Protein kasar	51,43
	Lemak	11,62
	Abu	32,35
Asam Amino	Arginin	3,35
	Lisin	2,69
	Histidin	0,96
	Fenilalanin	1,76
	Metionin	0,65
	Leusin	3,11
	Isoleusin	1,46
	Valin	2,42
	Treonin	1,70
	Cystin	0,50
	Triptofan	0,32

Sumber: Tan *et al.* (2005)

5.3.3 Tepung Darah (*Blood Meal/BM*)

Tepung darah merupakan bahan baku pakan hewani yang berasal dari limbah rumah potong hewan yang memiliki kandungan protein yang tinggi hingga mencapai >80%, kandungan lisin 9% dari bobot total kering dengan kadar abu dan kadar lemak yang rendah. Cara pembuatan tepung darah yaitu melalui cara konvensional dengan melakukan penjemuran/dikeringkan di bawah sinar matahari hingga menggunakan metode *spray dried* seperti *Spray Dried Blood Cells* (SBC). Selain memiliki kandungan protein yang tinggi, tepung darah juga memiliki komposisi asam amino esensial yang baik seperti mengandung sistein, lisin, leusin, arginin, treonin dan metionin, yang cukup kaya tetapi memiliki kandungan isoleusin yang rendah. Kandungan lisin dalam tepung darah bahkan mencapai dua kali lipat dari tepung ikan dan hampir tiga kali lipat dari tepung bungkil kedelai. Kandungan nutrisi tepung darah dipengaruhi oleh cara pengolahannya, dimana penggunaan metode seperti *spray dried* memiliki resiko paling minimal. Berikut adalah komposisi kimia tepung darah seperti terlihat pada tabel 5.4.

Tabel 5.4 Komposisi Kimia Tepung Darah

Komponen		Bahan Kering (g/kg)
Analisis proksimat	Protein	852,3
	Abu	20,6
	Serat kasar	35,1
	Lemak	14,9
Asam Amino	Arginin	39,1
	Cystin	11,7
	Histidin	53,3
	Fenilalanin	61,3
	Lisin	81,4
	Isoleusin	8,5
	Tirosin	28,8
	Leusin	116
	Metionin	12,8
	Triptofan	14,6

Komponen		Bahan Kering (g/kg)
	Treonin	45,9
	Valin	79

Sumber: Donkoh *et al.* (1999)

Dalam penggunaannya sebagai bahan baku pakan ikan, tepung darah memiliki beberapa kelemahan antara lain teksturnya yang ringan dan mudah menggumpal apabila disimpan dalam waktu yang lama dalam kondisi lembab. Aromanya yang kurang disukai ikan serta memiliki nilai pencernaan yang rendah. Beberapa teknik pengolahan dapat digunakan untuk mengatasi nilai pencernaan yang rendah pada tepung darah seperti tepung darah yang telah difermentasi dengan asam formiat dan asam propionate dan proses pengolahan *spray dried* juga terbukti mampu meningkatkan nilai pencernaan. Sementara itu untuk mengatasi permasalahan aroma pakan dapat ditambahkan dengan penggunaan atraktan (Jannah *et al.*, 2016).

5.3.4 Tepung Rebon dan Benawa

Tepung rebon menggunakan bahan berupa udang-udang kecil yang biasanya digunakan dalam pembuatan terasi sementara tepung benawa menggunakan bahan baku berupa anakan kepiting laut. Benawa dan rebon biasanya muncul dan dapat ditemukan di sekitar sungai, berkerumun pada benda yang terapung. Baik benawa dan rebon biasanya muncul pada awal musim penghujan. Tepung rebon dan benawa memiliki kandungan protein yang cukup tinggi akan tetapi sulit dicerna karena memiliki kandungan kitin. Tepung udang rebon juga berperan baik dalam pewarnaan pada ikan, terutama pada ikan hias karena mengandung karotenoid dari jenis astaxanthin. Baik tepung rebon dan tepung benawa dibuat dengan cara merebus bahan hingga masak, lalu dimasukkan dalam karung untuk selanjutnya diperas. Ampas hasil proses pemerasan selanjutnya dikeringkan dan digiling menjadi tepung.

Tabel 5.5 Komposisi Kimia Tepung Rebon dan Benawa

Kandungan Gizi (%)	Udang Rebon	Benawa
Protein	59,4	23,38
Karbohidrat	3,2	0,06
Lemak	3,6	25,33
Air	21,6	5,43
Serat	-	11,82
Abu	-	11,41
Nilai Ubah	-	4-6

Sumber: Manik dan Arieston (2021)

5.3.5 Tepung Kepala Udang

Kepala udang dan kulit udang, baik udang air laut maupun air tawar biasanya merupakan limbah pada proses pengolahan udang untuk ekspor merupakan bahan baku untuk membuat tepung kepala udang. Pembuatan tepung kepala udang dengan merebus bahan-bahan lalu dijemur hingga kering, selanjutnya digiling. Hasil penggilingan berupa tepung selanjutnya diayak tujuannya untuk membuang bagian-bagian yang kasar dan banyak mengandung kitin.

Tabel 5.6 Komposisi Kimia Tepung Kepala Udang

Kandungan Gizi	Persentase (%)
Protein	43,95
Lemak	5,11
Karbohidrat	0,26
Abu	26,70
Serat kasar	17,45
Air	6,53

Sumber: Kordi (2009)

5.3.6 Tepung Maggot

Maggot merupakan larva lalat *Hermetia illicens* (*Black Soldier Fly*/BSF). Maggot sendiri telah dikenal sebagai sumber protein alternatif dengan kandungan protein kasar sebesar 41-42%, kalsium sebesar 4,8-5,1%, ekstrak eter sebesar 31-35%, abu sebesar 14-15%, dan fosfor, dalam bentuk kering sebesar 0,6-0,63% (Fauzi dan Sari, 2018). Cara pembuatan tepung maggot yaitu dengan dikeringkan di dalam oven dengan temperature 60°C selama ±24 jam, kemudian maggot yang telah kering dihaluskan hingga menjadi tepung. Komposisi kimia tepung maggot dapat dilihat pada Tabel 5.7.

Tabel 5.7 Komposisi Kimia Tepung Maggot

Komponen		(% w/w)
Analisis proksimat	Protein	31,30
	Lemak	34,36
	Air	0,79
Asam Amino	Arginin	1,65
	Serin	1,42
	Lisin	2,34
	Histidin	0,90
	Treonin	1,32
	Fenilalanin	1,64
	Leusin	2,64
	Metionin	0,60
	Isoleusin	1,74
	Valin	2,46
	Tirosin	2,43
	Glisin	1,94
	Alanin	2,69
	Asam Aspartat	3,10
	Asam glutamate	3,86

Sumber: Cicilia dan Susila (2018)

5.3.7 Tepung Bekicot

Bekicot termasuk dalam golongan hewan lunak (*Mollusca*). Bekicot memiliki potensi untuk digunakan sebagai bahan baku pakan karena kandungan proteinnya yang tinggi. Bekicot juga memiliki kandungan berbagai asam amino dan kaya akan mineral dengan kandungan serat kasar yang rendah, serta memiliki kandungan fosfor dan kalsium serta vitamin B kompleks. Komposisi kimia tepung daging bekicot seperti yang terlihat pada tabel 5.8 berikut.

Tabel 5.8 Komposisi Kimia Tepung Daging Bekicot

Kandungan Gizi	Persentase (%)
Protein kasar	60,9
BETN	18,9
Lemak	6,1
Abu	9,6
Lisin	4,35
Fosfor	0,8
Kalsium (Ca)	2
Sistin	0,6
ME (MJ/Kg)	14,6

Sumber: Rasno dan Sulistyoningih (2014)

Bahan baku hewani lainnya yang dapat digunakan sebagai bahan baku pakan dapat dilihat pada tabel 5.9 berikut ini.

Tabel 5.9 Komposisi Kimia Bahan Baku Hewani

Kandungan Gizi (%)	Presentase (%)					
	Tepung Anak Ayam	Tepung Kepompong Ulat Sutra	Ampas Minyak Hati Ikan	Tepung Bulu Ayam	Telur Ayam dan Itik	Susu
Protein	61,65	46,74	25,08	25,54	12,8	35,6
Lemak	27,30	29,75	56,75	3,80	11,5	1,0
Karbohidrat	-	-	-	-	0,7	52,0
Abu	2,34	4,86	6,60	61,60	-	-
Serat kasar	-	8,89	-	1,80	-	-
Air	8,80	9,76	12,06	5,52	74	3,5
Nilai ubah	-	1,8	8	-	-	-

Sumber: Manik (2022)

DAFTAR PUSTAKA

- Babu, U. S., Wiesenfeld, P. L., Raybourne, R. B., Myers, M. J., & Gaines, D. 2005. Effect Of Dietary Fishmeal On Cell-Mediated Immune Response Of Laying Hens. *Int. J. Poult. Sci*, 4(9), 652-656.
- Cho, J. H., & Kim, I. H. 2011. Fish Meal–Nutritive Value. *Journal Of Animal Physiology And Animal Nutrition*, 95(6), 685-692.
- Cicilia, A. P., & Susila, N. 2018. Potensi Ampas Tahu Terhadap Produksi Maggot (*Hermetia Illucens*) Sebagai Sumber Protein Pakan Ikan: Potential Of Tofu Dregs On The Production Of Maggot (*Hermetia Illucens*) As a Source Of Protein Of Fish Feed. *Anterior Jurnal*, 18(1), 40-47.
- Donkoh, A., Atuahene, C. C., Anang, D. M., & Ofori, S. K. 1999. Chemical Composition Of Solar-Dried Blood Meal And Its Effect On Performance Of Broiler Chickens. *Animal Feed Science And Technology*, 81(3-4), 299-307.
- Gaines, A. M.; Yi, G. F.; Ratliff, B. W.; Srichana, P.; Kendall, D. C.; Allee, G. L.; Knight, C. D.; Perryman, K. R. 2005. Estimation Of The Ideal Ratio Of True Ileal Digestible Sulfur Amino Acids: Lysine In 8-To 26-Kg Nursery Pigs. *Journal Of Animal Science*, 83(11), 2527-2534.
- Jannah, D. M., Rosmawati, R., & Samsudin, R. 2016. Perbaikan Daya Cerna Tepung Darah Menggunakan Teknik Silase Dan Teknik Spray Dried Pada Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*). *Jurnal Mina Sains*, 2(1), 15–23.
- Kordi, K.M.G.H. 2009. Budidaya Perairan Buku Kedua. Bandung: PT Citra Aditya Bakti.
- Maldjian, A., Pizzi, F., Gliozzi, T., Cerolini, S., Penny, P., & Noble, R. 2005. Changes In Sperm Quality And Lipid Composition During Cryopreservation Of Boar Semen. *Theriogenology*, 63(2), 411-421.
- Manik, R.R.D.S dan Arleston, J. 2021. Nutrisi dan Pakan Ikan. Bandung: Penerbit Widina Bhakti Persada.

- Mujtahidah, Sari, Putri, dkk. 2023. *Budidaya Perikanan*. Makassar: CV. Tohar Media.
- Rasno dan Sulistyoningsih, M. 2014. Pengaruh Pemberian Tepung Bekicot Dalam Ransum Terhadap Bobot Badan Dan Kandungan Lemak Karkas Itik (*Anas javanicus*). Bioma: Jurnal Ilmiah Biologi, 3(1), 66-77.
- Tan, B., Mai, K., Zheng, S., Zhou, Q., Liu, L., & Yu, Y. 2005. Replacement of fish meal by meat and bone meal in practical diets for the white shrimp *Litopenaeus vannamei* (Boone). *Aquaculture Research*, 36(5), 439-444.

BAB 6

KOMPOSISI DAN ANALISIS BAHAN PAKAN NABATI

Oleh Shobrina Silmi Qori Tartila

6.1 Pendahuluan

Industri akuakultur hingga kini terus mengalami tren kenaikan yang signifikan dengan berbagai jenis komoditas, baik pada perairan tawar hingga laut. Hal ini tercermin dari kontribusi Benua Asia, termasuk Indonesia, dalam produksi perikanan dalam ranah akuakultur yang mencapai 89% dari produk akuakultur dunia (FAO, 2022). Kondisi ini juga didukung dengan adanya gerakan pembangunan berkelanjutan yang dicanangkan oleh PBB (*sustainable development goals/SDGs*), dimana akuakultur berkaitan dengan tujuan *life below water* dan *zero hunger*.

Produksi akuakultur yang optimal mampu berkontribusi penuh terhadap kebutuhan masyarakat terhadap komoditas ikan. Optimalisasi produksi akuakultur sendiri tidak terlepas dari optimalnya pemberian pakan pada komoditas akuakultur. Kondisi ini menyebabkan pakan ikan menjadi kebutuhan esensial untuk pemeliharaan komoditas akuakultur, khususnya ikan dan udang (D'Abramo, 2021).

Pakan ikan berkontribusi hingga 70-80% dari biaya operasional kegiatan produksi akuakultur. Namun, pakan ikan terus mengalami kenaikan harga, mengingat bahan pakan yang digunakan umumnya merupakan bahan impor yang berasal dari bahan pakan hewani, seperti tepung ikan (*fish meal*). Agar pakan ikan memiliki harga yang sesuai dengan kemampuan pembudidaya, pemanfaatan beberapa jenis sumber bahan pakan nabati (*plant-based ingredient*) potensial

telah banyak dilakukan dalam skala mandiri hingga industri (Langyan, et al., 2022). Sumber bahan pakan nabati umumnya merupakan bahan pakan yang paling mudah diperoleh dengan harga yang terjangkau. Nilai nutrisi esensial pada ikan, seperti protein dan lemak pada sumber bahan pakan nabati juga hampir sama dengan yang ditemukan pada sumber bahan pakan hewani, yaitu 40-75% dan 5-14% (Hua, et al., 2019).

Meskipun memiliki nilai nutrisi yang hampir sama dengan bahan pakan hewani, bahan pakan nabati memiliki kadar serat kasar yang tinggi (9-25%) (Rani & Kumar, 2020), kaya akan zat anti-nutrisi (*anti-nutritional factor*/ANF) yang dapat menghambat proses pencernaan pakan pada ikan dan udang, serta umumnya unsur asam amino dan asam lemak yang tidak selengkap bahan pakan hewani. Hal ini menyebabkan perlunya bahan pakan nabati untuk diproses terlebih dahulu, sehingga dapat mengurangi kadar serat kasar dan zat anti-nutrisi. pemrosesan tersebut dapat dilakukan dengan metode fermentasi, pemanasan dengan tekanan tinggi, hidrolisis, dan perendaman dengan pelarut (Samtiya, et al., 2020). Selain pemrosesan pendahuluan, penambahan asam amino dan/atau asam lemak esensial juga dapat membantu mengisi kekurangan bahan pakan nabati, sehingga sesuai dengan kebutuhan ikan dan udang.

Salah satu zat ANF pada sumber bahan pakan nabati adalah asam fitat. Asam fitat merupakan senyawa pada tanaman yang menyimpan fosfor dalam bentuk stabil dan mampu berikatan dengan berbagai nutrisi, termasuk mineral, protein, lemak, dan karbohidrat (Humer & Zebeli, 2015). Hal ini menyebabkan asam fitat dapat menghambat penyerapan nutrisi oleh ikan, sehingga terjadi penghambatan pertumbuhan (Romano & Kumar, 2018). Keberadaan asam fitat dapat diturunkan dengan penggunaan enzim fitase. Enzim fitase terbukti dapat menurunkan kadar asam fitat pada berbagai jenis bahan pakan nabati dan meningkatkan pertumbuhan ikan secara optimal. Hal ini terjadi, karena enzim fitase mampu membebaskan fosfor dalam asam fitat menjadi bentuk anorganik bebas (Liang, et al., 2022). Rachmawati, et al. (2018) melaporkan, bahwa dosis enzim fitase sebesar 1000 FTU/kg pakan mampu meningkatkan pencernaan protein dan menurunkan nilai konversi pakan pada ikan nila. Hasil positif juga ditemukan pada ikan lele

(*Clarias gariepinus*) (Akpoilih, et al., 2016) dengan dosis 250 FTU/g pakan. Karakteristik bahan pakan nabati yang umum digunakan pada pakan ikan dan udang beserta kekurangan lain pada tiap bahan pakan akan diulas lebih lanjut pada kajian berikut.

6.2 Tepung Kedelai (*Soybean meal*)

Kedelai telah lama dikenal sebagai sumber bahan pakan protein dan lemak nabati untuk ternak dan ikan. Kedelai yang dimanfaatkan sebagai bahan pakan berupa tepung bungkil kedelai (*dehulled soybean meal*), yaitu hasil samping penggilingan kedelai dan pemanasan pada tekanan tinggi (Bernard, 2022). Profil nutrisi tepung bungkil kedelai ditunjukkan pada tabel 5.1.

Tabel 6.1 Profil Nutrien Tepung Bungkil Kedelai

Komponen	Nilai (%)
Protein	47,3-50,6
Lemak	5,4-15
Air	12-15
Abu	6,8-7,2
Serat Kasar	6-15

(Sumber : Karr-Lilienthal, et al., 2005; Masagounder, et al., 2016; Li, et al., 2020)

Pemanfaatan tepung bungkil kedelai telah banyak dilakukan untuk mengganti penggunaan tepung ikan yang harganya terus mengalami peningkatan dengan permintaan yang tinggi. Substitusi tepung ikan dengan tepung bungkil kedelai sebesar 70-80% memberikan kinerja pertumbuhan yang optimal bagi ikan *red sea bream* (*Pagrus major*) dengan presentase substitusi sebesar 70-80% (Kader, et al., 2012). Namun, penemuan Ahmad, et al. (2020) melaporkan, bahwa substitusi tepung ikan dengan tepung kedelai melebihi 50% akan menurunkan kinerja pertumbuhan ikan nila. Hasil yang sama juga ditemukan pada ikan buntal (*Takifugu obscurus*), bahwa substitusi tepung kedelai melebihi 40% menyebabkan penurunan laju pertumbuhan harian dan peningkatan konversi pakan (Ye, et al., 2019).

Tepung bungkil kedelai memang terbukti mampu menggantikan peran tepung ikan, namun terdapat beberapa kekurangan dari tepung kedelai. Kekurangan tersebut adalah rendahnya nilai asam amino lisin dan metionin, sebagai salah satu asam amino pembatas untuk kebutuhan nutrisi ikan (Bernard, 2022). Hal ini menyebabkan perlunya penambahan kedua asam amino tersebut dalam pakan, sesuai dengan kebutuhan tiap ikan.

Tepung kedelai juga mengandung zat anti-nutrisi, yaitu zat protease-inhibitor (Samtiya, et al., 2020). Menurut Mohanty, et al. (2020), keberadaan protease-inhibitor akan menghambat proses pencernaan protein pada saluran pencernaan ikan melalui penurunan kinerja enzim protease (tripsin dan kimotripsin). Agar dapat mengurangi kadar protease-inhibitor pada tepung kedelai, perlakuan pemanasan dengan oven atau autoklaf pada tepung kedelai mampu menurunkan kadar protease-inhibitor secara signifikan (Qin, et al., 2022). Perlakuan lain dapat dilakukan dengan hidrolisis dan fermentasi menggunakan protease dan probiotik yang terbukti memberikan efek pada ayam broiler (Cheng, et al., 2019). Karena kedelai telah banyak dimanfaatkan oleh berbagai sektor di Indonesia, maka sebagian besar diimpor dari negara lain. Hal ini menyebabkan harga tepung kedelai melambung tinggi dengan suplai yang mulai terbatas. Kondisi ini mengharuskan adanya bahan pakan pengganti peran tepung kedelai. Jefry, et al. (2021) melaporkan, bahwa tepung daun *Indigofera* terhidrolisis yang ditambahkan sebesar 15% dalam formulasi pakan ikan gurame (*Osphronemus gouramy*) memiliki nilai laju pertumbuhan harian, retensi protein, dan efisiensi pakan yang sama dengan pakan tanpa daun *Indigofera*.

6.3 Dedak & Bekatul Padi (Rice bran)

Beras merupakan makanan pokok utama masyarakat Indonesia dan hampir seluruh penjurur Benua Asia. Hasil samping proses penggilingan dapat dijadikan menjadi sumber bahan pakan untuk hewan ternak dan ikan yang biasa dikenal dengan dedak (*rice bran A*). Dedak padi umumnya masih terdapat sekam padi, mengingat proses penggilingan hanya dilakukan sekali, sedangkan proses penggilingan dua kali untuk menghilangkan sekam padi secara utuh akan diperoleh dedak yang lebih halus dan dikenal dengan bekatul (*rice bran B/deffated rice bran*) (Zhuang, et al., 2019).

Dedak dan bekatul padi merupakan bahan pakan sumber energi (karbohidrat dan lemak) yang dapat ditemukan dengan mudah dengan harga yang terjangkau. Meskipun ikan tidak dapat memanfaatkan sumber bahan pakan karbohidrat secara optimal, penggunaan dedak dan bekatul mampu menurunkan harga bahan pakan untuk formulasi pakan ikan (Surianti, et al., 2022). Data nutrisi dedak dan bekatul padi ditunjukkan pada tabel 6.2.

Tabel 6.2 Profil Nutrien Dedak dan Bekatul Padi

Komponen	Dedak Padi (%)	Bekatul (%)
Protein	9,83-15,5	9,1-17,5
Lemak	12,3-19,2	13,1-21,3
Serat Kasar	14-15,4	7,8-14,4
Karbohidrat	50,2-52,2	49,4-52,3
Air	2,1-3,5	2,1-4,3
Abu	4,2-5,1	3,2-4,9

(Sumber : Mila & Sudarma, 2021; Manzoor, et al., 2023)

Apabila dibandingkan dari nilai nutrisi dedak dan bekatul padi (tabel 6.3), dedak padi memiliki nilai serat kasar yang cukup tinggi dibandingkan bekatul padi, akibat keberadaan sekam padi, sehingga penggunaannya pada formulasi pakan harus dikurangi. Kadar serat kasar yang terlalu tinggi pada pakan (>7-8%) akan menyebabkan pakan sulit dicerna, sehingga nutrisi dalam pakan menjadi sulit diserap oleh ikan (Hardy & Brezas, 2022).

Meskipun memiliki serat kasar yang tinggi, dedak dan bekatul padi dapat dimanfaatkan sebagai sumber prebiotik potensial untuk meningkatkan kinerja pencernaan ikan (Raddatz, et al., 2020). Prebiotik merupakan bahan pakan yang dapat memicu pertumbuhan bakteri pendegradasi nutrisi yang tercerna dalam saluran pencernaan, sehingga proses pencernaan berjalan secara optimal. Apabila serat kasar pada dedak dan bekatul ingin dikurangi, maka dedak dan bekatul dapat difermentasi. Menurut Putra, et al. (2021), bekatul padi yang difermentasi menggunakan kapang *Aspergillus Niger* dengan dosis 0,01%/g pakan mampu meningkatkan pencernaan energi dan efisiensi pakan pada ikan nila. Hasil lain yang ditemukan oleh Romano, et al. (2018) menunjukkan, bahwa bekatul yang difermentasi dengan bakteri *Bacillus* sp. dapat dijadikan sebagai sumber karbon untuk pembentukan bioflok pada pemeliharaan ikan lele tanpa aerasi, berdasarkan adanya peningkatan efisiensi pakan dan protein tubuh ikan lele.

6.4 Tepung Tapioka

Singkong merupakan salah satu umbi yang sering dimanfaatkan oleh manusia. Singkong umum diolah menjadi tepung tapioka untuk berbagai produk makanan Indonesia. Tepung tapioka dalam pakan ikan umumnya dimanfaatkan sebagai perekat (*binder*) dalam pencampuran bahan pakan menjadi pakan buatan. Hal ini terbukti dari Sumardiono & Sihny (2019), bahwa penggunaan tepung tapioka dosis 10% dalam formulasi pakan menggunakan ampas kedelai dan limbah udang memiliki daya apung hingga 80% selama 30 menit dalam air.

Selain *binder*, tepung tapioka juga bisa dimanfaatkan sebagai bahan pakan sumber energi dari pati (*starch*). Hal ini dilaporkan oleh Amin, et al. (2020), bahwa tepung tapioka dapat dimanfaatkan sebagai bahan pakan dan *binder* sekaligus untuk formulasi pakan buatan ikan lele di Sumatera Selatan. Namun, penggunaan tepung tapioka sebagai *binder* tidak boleh melebihi 20%. Menurut Kumar, et al. (2018), tepung tapioka yang tercampur hingga 22,5%

menurunkan stabilitas pakan dalam air dan kepadatan pakan. Hasil lain yang dilaporkan oleh Kamarudin, et al. (2018) menyatakan, bahwa penggunaan tepung tapioka dalam formulasi pakan ikan karper hibrid (*Barbonymus gonionatus* ♀ × *Hypsibarbus metmorei* ♂) melebihi 20% dengan tambahan selulosa 15% menyebabkan penurunan pertumbuhan ikan, berdasarkan nilai laju pertumbuhan harian dan rasio efisiensi protein. Agar tidak beresiko, terdapat beberapa bahan pengganti tepung tapioka sebagai perekat pakan, antara lain CMC (*carboxymethyl cellulose*), *progol* (kalsium lignosulfonat), dan PMC (*polymethylolcarbamide*). Ketiga bahan ini telah terbukti menjadi bahan perekat yang efektif dan efisien dalam kegiatan pencampuran pakan buatan untuk akuakultur dengan dosis 2,5-3% untuk CMC (Sari, et al., 2016), serta 0,5-1% untuk PMC dan *progol* (FEEDAP, 2020).

6.5 Tepung Jagung (*Corn meal*)

Jagung yang diolah menjadi tepung untuk kebutuhan pakan ikan dan udang merupakan sumber bahan pakan energi yang dapat menggantikan peran tepung ikan dan kedelai. Hal ini terjadi, karena tepung jagung mengandung nilai lemak dan karbohidrat masing-masing sebesar 4-6% dan 67-76%. Selain sumber energi, tepung jagung berupa *corn gluten meal* yang digiling dan dipanaskan pada tekanan tinggi untuk menghilangkan kadar pati dan minyak dapat dijadikan sebagai sumber bahan pakan protein dengan nilai kadar protein hingga 60% (Hardy & Brezas, 2022). Profil nutrisi tepung jagung ditunjukkan pada Tabel 6.3 berikut.

Tabel 6.3 Profil Nutrien Tepung Jagung

Komponen	Tepung jagung (%)	<i>Corn gluten meal</i> (%)
Air	10-12	9-10
Abu	1-1,6	1-1,6
Protein	9-10,2	60-63,7
Lemak	3-4,8	2-2,2
Serat Kasar	2,1-2,8	1-1,5

(Sumber: NRC, 2011; Hardy & Brezas, 2022)

Meskipun memiliki nilai nutrien yang baik sebagai bahan pakan nabati untuk bahan pakan ikan, penyediaan jagung dapat bersaing dengan kebutuhan manusia sebagai makanan pokok. Kondisi ini juga diperparah dengan rendahnya nilai asam amino esensial lisin, metionin, dan histidin, serta tidak adanya asam lemak EPA (22:5n-3) dan DHA (22:6n-3) (NRC, 2011). Agar tetap dapat dimanfaatkan sebagai sumber bahan pakan, bagian jagung lain yang dapat dijadikan sebagai bahan pakan adalah bonggol jagung (*corn cob*). Bagian ini telah diteliti oleh Fauzan, et al. (2022), bahwa penggunaan bonggol jagung yang dihidrolisis menggunakan *cocktail enzyme* dosis 0,4 g/kg bahan dan 0,1 N HCl selama 8 jam akan menurunkan kadar serat kasar bonggol jagung hingga 42%. Apabila dimasukkan ke dalam formulasi pakan ikan, tepung bonggol jagung terhidrolisis terbukti mampu dimanfaatkan sebagai sumber bahan pakan energi, berdasarkan nilai peningkatan pencernaan protein dan lemak pada ikan nila merah.

6.6 Fitokimia

Fitokimia merupakan berbagai bahan aktif yang dihasilkan oleh produk nabati. Zat ini umum disekresi oleh tanaman untuk pertahanan diri terhadap penyakit dan antioksidan (Thakur, et al., 2020). Bahan-bahan fitokimia ini memiliki manfaat yang baik bagi pertumbuhan dan perkembangan ikan, selain meningkatkan sistem kekebalan ikan terhadap penyakit dan perubahan lingkungan ekstrem (Yadav, et al., 2021). Zat fitokimia umum diberikan pada pakan ikan dalam bentuk suplementasi pakan buatan dengan dosis sedikit, yaitu 0,1-2%/kg pakan (Encarnação, 2016). Hal ini menjadikan zat fitokimia berada pada bagian dari *feed additive* (suplemen pakan untuk tujuan tertentu dengan dosis rendah). Beberapa jenis fitokimia yang telah dimanfaatkan pada pakan ikan adalah flavonoid, alkaloid, saponin, terpenoid, dan karotenoid (Chakraborty, et al., 2013). Selain kelima bahan ini, terdapat beberapa bahan lain yang dapat dianggap sebagai fitokimia dan tersaji pada Tabel 5.4.

Tabel 6.4 Zat Fitokimia Sebagai *Feed Additive*

Fitokimia	Sumber tanaman
Tanin	Ditemukan paling banyak pada daun dan ranting kayu tumbuhan, yang memberi rasa pahit/sepas
Flavonoid	Ditemukan paling banyak pada bunga dan buah
Alkaloid	Umum ditemukan pada daun teh, biji kopi, dan biji kakao
Saponin	Umum ditemukan pada seluruh tanaman yang dapat menghasilkan busa dalam larutan
Terpenoid	Umum ditemukan pada umbi (jahe, kunyit, temulawak, dsb.)
Minyak atsiri	Ditemukan pada tanaman yang memiliki aroma wangi/sedap
Karotenoid	Ditemukan pada buah dan biji tanaman
Sulfida, thiol	Bawang putih, bawang bombay, dan biji zaitun
Curcumin	Jahe, kunyit, dan temulawak
<i>Cinnamic acid</i>	Kayu manis
Fitosterol	Umum ditemukan pada tanaman leguminosa

(Sumber: Chakraborty, et al., 2013; Encarnao, 2016; Thakur, et al., 2020)

Berbagai zat fitokimia ini telah terbukti mampu meningkatkan pertumbuhan, kualitas daging, dan imunitas ikan terhadap penyakit dan perubahan lingkungan. Amer, et al. (2018) melaporkan, bahwa suplementasi thimol pada pakan dengan dosis 0,1%/kg pakan mampu meningkatkan pertumbuhan ikan nila. Hasil yang sama juga ditemukan pada ikan bawal (*Colossoma macropomum*) dengan suplementasi thimol dan karvakrol pada pakan dosis 500-1200 mg/kg pakan (Frota, et al., 2022) dan ikan hias *rainbow trout* (*Oncorhynchus mykiss*) melalui suplementasi kurkumin dengan dosis 2%/kg pakan yang terserang bakteri *Aeromonas salmonicid* subsp. *achromogenes* (Yonar, et al., 2019).

Hasil lain yang dilaporkan oleh Meilisza, et al. (2019) menyatakan, bahwa penambahan berbagai jenis karotenoid (astaksantin, kantaksantin, dan lutein) pada pakan dengan dosis 260 mg/kg pakan mampu meningkatkan pertumbuhan, presentase kromatofor, dan total karotenoid, sehingga meningkatkan kualitas warna ikan *rainbow kurumoi* (*Melanotaenia parva*). Hasil yang sama juga memberikan dampak positif pada ikan platy pedang (*Xiphophorus hellerii*) yang diberi pakan suplementasi β -karoten dosis 30 mg/pakan (Wagde, et al., 2018).

Apabila pembudidaya ingin meningkatkan kualitas daging ikan, ketika memasuki masa panen, penambahan ekstrak kayu manis yang mengandung *cinnamic acid* dan sinamaldehyd dosis 0,1%/kg pakan pada pakan mampu meningkatkan daya ketahanan daging ikan patin (*Pangasianodon hypophthalmus*) terhadap degradasi nutrisi selama penyimpanan, karena mampu menghasilkan enzim antioksidan superoksida dismutase (SOD) dan menurunkan bahan radikal bebas, seperti malondialdehyd (Tartila, et al., 2021). Hasil yang sama juga ditemukan pada suplementasi sinamaldehyd dan thimol pada pakan masing-masing dengan dosis 0,1%/kg pakan untuk menjaga kualitas daging ikan nila (Amer, et al., 2018). Agar ikan mampu hidup pada kondisi ekstrem akibat kenaikan suhu lingkungan sebagai hasil dari pemanasan global, penambahan berbagai bahan fitokimia, seperti kurkumin dan *quercetin* pada pakan dengan dosis 0,1-1%/kg pakan mampu meningkatkan enzim antioksidan, seperti SOD, katalase (CAT), dan glutathione peroksidase (GPx) pada beberapa jenis ikan (Taştan & Salem, 2021). Hasil lain yang dilaporkan oleh (Dawood, et al., 2020), menunjukkan bahwa suplementasi *ferulic acid* pada pakan dengan dosis 80 mg/kg pakan mampu melindungi ikan nila dari kondisi cekaman peningkatan suhu hingga 32°C.

Hasil positif dari pemanfaatan zat fitokimia pada pakan ini harus diikuti dengan dosis yang tepat, karena dosis yang berlebihan menyebabkan berbagai kondisi negatif yang terjadi pada ikan. Menurut Safratilofa, et al. (2015), ekstrak daun kayu manis yang mengandung zat fitokimia sinamaldehyd (flavonoid) dan *cinnamic acid* dan ditambahkan pada pakan dengan dosis melebihi 0,5%/kg pakan menunjukkan adanya penghambatan pertumbuhan dan penurunan imunitas ikan terhadap bakteri patogen *Aeromonas*

hydrophila, sehingga terjadi peningkatan kematian ikan. Hasil yang lain juga ditemukan pada ikan sebelah Jepang (*Paralichthys olivaceus*) yang diberi pakan dengan suplementasi saponin dosis melebihi 3,2 g/kg pakan, dimana menunjukkan adanya penurunan tingkat konsumsi pakan dan respon pertumbuhan (Chen, et al., 2011).

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, N. et al., 2020. Effects of partial substitution of fish meal by soybean meal in nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) diet. *The Journal of Animal & Plant Sciences*, 30(2), pp. 364-370.
- Akpoilih, B. U., Ajani, E. K. & Omitoyin, B. O., 2016. Optimum Dietary Ca/P Ratio and Phytase for Growth and Bone Mineralization in Juvenile *Clarias gariepinus* Fed Soya Bean-Based Diet. *Journal of Aquaculture Research & Development*, 7(2), p. 1000403.
- Amer, S. A., Metwally, A. E. & Ahmed, S. A. A., 2018. The influence of dietary supplementation of cinnamaldehyde and thymol on the growth performance, immunity and antioxidant status of monosex Nile tilapia fingerlings (*Oreochromis niloticus*). *The Egyptian Journal of Aquatic Research*, 44(3), pp. 251-256.
- Amin, M. et al., 2020. Efektivitas pemanfaatan bahan baku lokal sebagai pakan ikan terhadap peningkatan produktivitas budidaya ikan lele (*Clarias* sp.) di Desa Sakatiga, Kecamatan Indralaya, Kabupaten Ogan Ilir, Sumatera Selatan. *Journal of Aquaculture and Fish Health*, 9(3), pp. 222-231.
- Bernard, J. K., 2022. Oilseed and oilseed meals. In: P. L. H. McSweeney & J. P. McNamara, eds. *Encyclopedia of Dairy Sciences*. 3rd ed. Cambridge: Academic Press, pp. 614-619.
- Chakraborty, S. B., Horn, P. & Hancz, C., 2013. Application of phytochemicals as growth-promoters and endocrine modulators in fish culture. *Reviews in Aquaculture*, Volume 5, pp. 1-19.
- Cheng, Y.-H. et al., 2019. Mixed fermentation of soybean meal by protease and probiotics and its effects on the growth performance and immune response in broilers. *Journal of Applied Animal Research*, 47(1), pp. 339-348.

- Chen, W. et al., 2011. Effects of dietary soybean saponins on feed intake, growth performance, digestibility and intestinal structure in juvenile Japanese flounder (*Paralichthys olivaceus*). *Aquaculture*, 318(1-2), pp. 95-100.
- D'Abramo, L. R., 2021. Sustainable aquafeed and aquaculture production systems as impacted by challenges of global food security and climate change. *Journal of the World Aquaculture Society*, 52(6), pp. 1162-1167.
- Dawood, M. A. O. et al., 2020. The influences of ferulic acid on the growth performance, haemato-immunological responses, and immune-related genes of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) exposed to heat stress. *Aquaculture*, Volume 525, p. 735320.
- Encarnação, P., 2016. Functional feed additives in aquaculture feeds. In: S. F. Nates, ed. *Aquafeed Formulation*. Waltham: Academic Press, pp. 217-231.
- European Food Safety Authority (EFSA) Panel on Additives and Products or Substances used in Animal Feed (FEEDAP), 2020. Safety of lignosulphonate for all animal species. *EFSA Journal*, 18(2), p. e06000.
- Fauzan, Suprayudi, M. A., Fauzi, I. A. & Ekasari, J., 2022. Utilization of hydrolyzed corncob as a carbohydrate source in diets for red Nile tilapia *Oreochromis niloticus*. *Jurnal Akuakultur Indonesia*, 21(1), pp. 32-40.
- Food and Agriculture Organization of The United Nations (FAO), 2022. *The state of world fisheries and aquaculture towards blue transformation*. Rome: FAO.
- Frota, R. M. et al., 2022. Effects of thymol: carvacrol association on health and zootechnical performance of tambaqui *Colossoma macropomum*. *Boletim do Instituto de Pesca Sao Paulo*, Volume 48, pp. 1-10.
- Hardy, R. W. & Brezas, A., 2022. Diet formulation and manufacture. In: R. W. Hardy & S. J. Kaushik, eds. *Fish Nutrition*. 4th ed. Cambridge: Academic Press, pp. 643-708.

- Hua, C. et al., 2019. The future of aquatic protein: Implications for protein sources in aquaculture diets. *One Earth*, 1(3), pp. 316-329.
- Humer, E. & Zebeli, Q., 2015. Phytate in feed ingredients and potentials for improving the utilization of phosphorus in ruminant nutrition. *Animal Feed Science and Technology*, Volume 209, pp. 1-15.
- Jefry, Setiawati, M., Jusadi, D. & Fauzi, I. A., 2021. Cellulase hydrolyzed *Indigofera zolingeriana* leaf utilization as a feed ingredient for gourami fingerling. *Jurnal Akuakultur Indonesia*, 20(2), pp. 139-147.
- Kader, M. A. et al., 2012. Effect of complete replacement of fishmeal by dehulled soybean meal with crude attractants supplementation in diets for red sea bream, *Pagrus major*. *Aquaculture*, Volume 350-353, pp. 109-116.
- Kamarudin, M. S., Sulaiman, M. A. & Ismail, M. F., 2018. Effects of dietary crude fiber level on growth performance, body composition, liver glycogen and intestinal short chain fatty acids of a tropical carp (*Barbonymus gonionotus*♀ X *Hypsibarbus wetmorei* male ♂). *Journal of Environmental Biology*, 39(5), pp. 813-820.
- Karr-Lilienthal, L. K., Kadzere, C. T., Grieshop, C. M. & Fahey Jr., G. C., 2005. Chemical and nutritional properties of soybean carbohydrates as related to nonruminants: A review. *Livestock Production Science*, 97(1), pp. 1-12.
- Kumar, M. et al., 2018. Utilization of unconventional dietary energy source of local origin in aquaculture: Impact of replacement of dietary corn with tapioca on physical properties of extruded fish feed. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 6(2), pp. 2324-2329.
- Langyan, S. et al., 2022. Sustaining protein nutrition through plant-based foods. *Frontiers in Nutrition*, Volume 8, p. 772573.

- Liang , Q. et al., 2022. Application of enzymes as a feed additive in aquaculture. *Marine Life Science & Technology*, Volume 4, pp. 208-221.
- Li, S. et al., 2020. Comparison of dehulled, fermented and enzyme-treated soybean meal in diets for largemouth bass, *Micropterus salmoides*: Effects on growth performance, feed utilization, immune response and intestinal morphology. *Animal Feed Science and Technology*, Volume 267, p. 114548.
- Manzoor, A. et al., 2023. Rice bran: Nutritional, phytochemical, and pharmacological profile and its contribution to human health promotion. *Food Chemistry Advances*, Volume 2, p. 100296.
- Masagounder, K., Ramos, S., Reimann, I. & Channarayapatna, G., 2016. Optimizing nutritional quality of aquafeeds. In: S. F. Nates, ed. *Aquafeed Formulation*. Cambridge: Academic Press, pp. 239-264.
- Meilisza, N. et al., 2019. Enhancement of colour quality, growth, and health status of rainbow Kurumoi fish *Melanotaenia parva* through dietary synthetic carotenoids supplementation. *Jurnal Akuakultur Indonesia*, 18(1), pp. 54-69.
- Mila, J. R. & Sudarma, I. M. A., 2021. Analisis kandungan nutrisi dedak padi sebagai pakan ternak dan pendapatan usaha penggilingan padi di Umalulu, Kabupaten Sumba Timur. *Buletin Peternakan Tropis*, 2(2), pp. 90-97.
- Mohanty, C. S., Singh, V. & Chapman, A. A., 2020. Winged bean: An underutilized tropical legume on the path of improvement, to help mitigate food and nutrition security. *Scientia Horticulturae*, Volume 260, p. 108789.
- National Research Council of The National Academies (NRC), 2011. *Nutrient requirements of fish and shrimp*. 1st ed. Washington, D.C.: The National Academies Press.

- Putra, A. N., Rohayati, D., Syamsumarno, M. B. & Mustahal, 2021. Effect of fermented rice bran used as feed ingredient on apparent digestibility coefficient of Tilapia (*Oreochromis niloticus*). *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, Volume 934, p. 012009.
- Qin, P., Wang, T. & Luo, Y., 2022. A review on plant-based proteins from soybean: Health benefits and soy product development. *Journal of Agriculture and Food Research*, Volume 7, p. 11265.
- Rachmawati, D., Samidjan, I. & Elfitasari, T., 2018. Effect of The Phytase Enzyme Addition in The Artificial Feed on Digestibility of Feed, Feed Conversion Ratio and Growth of Gift Tilapia Saline Fish (*Oreochromis niloticus*) Nursery Stadia I. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 116(1), p. 012009.
- Raddatz, G. C. et al., 2020. Influence of the prebiotics hi-maize, inulin and rice bran on the viability of pectin microparticles containing *Lactobacillus acidophilus* LA-5 obtained by internal gelation/emulsification. *Powder Technology*, Volume 362, pp. 409-415.
- Rani, S. & Kumar, P., 2020. Proximate composition analysis of plant-based, non-conventional feed ingredients having potential as ingredient in fish feed. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 9(1), pp. 1853-1859.
- Romano, N. et al., 2018. Fermenting rice bran as a carbon source for biofloc technology improved the water quality, growth, feeding efficiencies, and biochemical composition of African catfish *Clarias gariepinus* juveniles. *Aquaculture Research*, 49(12), pp. 3691-3701.
- Romano, N. & Kumar, V., 2018. Phytase in animal feed. In: C. S. Nunes & V. Kumar, eds. *Enzymes in Human and Animal Nutrition*. Cambridge: Academic Press, pp. 73-88.

- Safratilofa, Wahjuningrum, D., Jusadi, D. & Setiawati, M., 2015. Pengaruh ekstrak daun kayu manis *Cinnamomum burmannii* terhadap respon imun non spesifik ikan patin *Pangasianodon hypophthalmus* (Sauvage, 1878) yang diinfeksi *Aeromonas hydrophila*. *Jurnal Iktiologi Indonesia*, 15(3), pp. 223-233.
- Samtiya, M., Aluko, R. E. & Dhewa, T., 2020. Plant food anti-nutritional factors and their reduction strategies: an overview. *Food Production, Processing, and Nutrition*, 2(6), pp. 1-14.
- Sari, I. Y., Santoso, L. & Suparmono, 2016. Kajian pengaruh penambahan tepung tapioka sebagai binder dalam pakan buatan terhadap pertumbuhan ikan nila gift. *e-Jurnal Rekayasa dan Teknologi Budidaya Perairan*, 5(1), pp. 537-546.
- Sumardiono, S. & Sighny, Z. D., 2019. Production of fish feed from soy residue and shrimp waste using tapioca as binding agent. *Journal of Physics: Conference Series*, Volume 1295, p. 012041.
- Surianti, Hasrianti, Putri, R. S. & Wahyudi, 2022. Pemanfaatan bahan baku lokal (dedak padi) sebagai pakan buatan untuk ikan nila di Desa Bulucenrana Sidrap. *MALLOMO: Journal of Community Service*, 2(2), pp. 43-50.
- Tartila, S. S. Q., Jusadi, D., Setiawati, M. & Fauzi, I. A., 2021. Evaluation of dietary supplementation with cinnamon products on growth, blood composition, liver structure, and meat quality of striped catfish (*Pangasianodon hypophthalmus*). *Aquaculture International*, Volume 29, pp. 2243-2257.
- Taştan, Y. & Salem, M. O. A., 2021. Use of phytochemicals as feed supplements in aquaculture: A review on their effects on growth, immune response, and antioxidant status of finfish. *Journal of Agricultural Production*, 2(1), pp. 32-43.
- Thakur, M., Singh, K. & Khedkar, R., 2020. Phytochemicals: Extraction process, safety assessment, toxicological evaluations, and regulatory issues. In: B. Prakash, ed. *Functional and Preservative Properties of Phytochemicals*. Cambridge: Academic Press, pp. 341-361.

- Wagde, M. S., Shivani, A. P., Keer, N. R. & Sharma, S. K., 2018. Effect of natural β -carotene from-carrot (*Daucus carota*) and Spinach (*Spinacia oleracea*) on colouration of an ornamental fish - swordtail (*Xiphophorus hellerii*). *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 6(6), pp. 699-705.
- Yadav, M. K. et al., 2021. A review on feed additives used in fish diet. *International Journal of Environment, Agriculture, and Biotechnology*, 6(2), pp. 184-190.
- Ye, H. et al., 2019. Effects of replacing fish meal with soybean meal on growth performance, feed utilization, and physiological status of juvenil obscure puffer, *Takifugu obscurus*. *Comparative Biochemistry and Physiology, Part C*, Volume 216, pp. 75-81.
- Yonar, M. E., Yonar, S. M., İspir, Ü. & Ural, M. Ş., 2019. Effects of curcumin on haematological values, immunity, antioxidant status and resistance of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) against *Aeromonas salmonicida* subsp. *achromogenes*. *Fish & Shellfish Immunology*, Volume 89, pp. 83-90.
- Zhuang, X., Yin, T., Han, W. & Zhang, X., 2019. Nutritional ingredients and active compositions of defatted rice bran. In: L. Cheong & X. Xu, eds. *Rice Bran adn Rice Bran Oil*. Cambridge: AOCS Press, pp. 247-270.

BAB 7

BAHAN BAKU PAKAN IKAN YANG BERASAL DARI SISA HASIL BUANGAN PABRIK

Oleh Tina Purnamasari

7.1 Pendahuluan

Pengeluaran terbesar budidaya ikan berasal dari pakan. Pengeluaran tersebut adalah biaya produksi budidaya ikan yang berkisar 60-70%. Pembudidaya ikan di Indonesia saat ini masih mengandalkan pakan komersil berasal dari pabrik yang memiliki harga yang tinggi, sehingga pembudidaya mendapatkan keuntungan yang rendah. Alternatif yang dilakukan untuk meningkatkan keuntungan pembudidaya ikan adalah dengan membuat pakan secara mandiri. Pembuatan pakan mandiri di Indonesia juga memiliki permasalahan yaitu bahan baku yang langka, terbatas, dan berdayasaing dengan manusia.

Salah satu bahan baku pakan alternatif yang dapat digunakan adalah limbah makanan yang bersifat organik. Sisa buangan pabrik yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku pakan adalah limbah yang berasal dari makhluk hidup yang dapat membusuk atau terurai dan memiliki senyawa organik yang dapat dimanfaatkan kembali untuk pembuatan pakan. Contoh limbah organik adalah sampah daun, sisa makanan, hasil sampingan limbah industri pangan. Limbah organik yang terus meningkat adalah limbah organik yang berasal dari makanan.

Limbah organik makanan akan berbanding lurus dengan kepadatan penduduk di suatu daerah. Daerah yang kini menjadi sorotan antara lain Indonesia. Hal ini dikarenakan Indonesia memiliki jumlah penduduk yang tinggi bahkan selalu meningkat seiring berjalannya waktu. Indonesia memiliki jumlah populasi penduduk terpadat ke-4 di mancanegara. Berdasarkan data statistik yang dikeluarkan oleh BPS, jumlah penduduk Indonesia pada tahun 2018 mencapai 265.015.300 jiwa. Semakin tingginya penduduk Indonesia maka menyumbang jumlah sampah yang juga melimpah. Bank dunia tahun 2012, menyatakan produksi sampah hingga mencapai 1,2 kg/orang/hari dengan jumlah penduduk dunia 3 miliar jiwa dan diprediksi akan terus meningkat seiring dengan bertambahnya jumlah penduduk dunia (Tugiyono *et al.*, 2020). Peningkatan jumlah penduduk ini diikuti dengan peningkatan produksi sisa-sisa sampah organik makanan yang akan menimbulkan masalah baru jika pengelolaannya tidak baik. Limbah organik yang berasal dari makanan memiliki bentuk dan asalnya yang berbeda. Limbah makanan bisa berasal dari limbah rumah tangga sisa bahan makanan belum dimasak maupun bahan makanan yang sudah masak. Limbah makanan lainnya juga bisa berasal dari industri produksi makanan.

Semakin meningkatnya atau tingginya penduduk Indonesia, maka pangan dan pakan alternatif juga sudah mulai dikembangkan. Daya saing pangan dan pakan ikan membuat pembudidaya memanfaatkan hasil sampingan dari pabrik pangan yang memenuhi syarat pembuatan pakan. Beberapa syarat yang harus dipenuhi dalam pemilihan bahan baku pakan ikan adalah memiliki kandungan nutrisi yang cukup bagi pertumbuhan ikan, relatif murah, ketersediaan bahan baku yang melimpah, terjamin kelestariannya, dan yang paling penting adalah tidak berdayasaing dengan manusia dalam penggunaannya (Dwi Cahya and Andriani, 2021) .

7.2 Jenis-jenis Limbah Organik sebagai Bahan Baku Pakan Ikan

Limbah organik yang dapat dimanfaatkan menjadi pakan ikan dari bahan makanan atau pangan dapat dibedakan menjadi dua yaitu limbah organik rumah tangga dan limbah organik industri.

Perbedaan tersebut dibedakan berdasarkan frekuensi atau banyak sedikitnya limbah yang dihasilkan.

7.2.1 Limbah Organik Rumah Tangga

Limbah organik rumah tangga merupakan limbah yang bersifat organik yang berasal dari makhluk hidup dengan skala rumahan yang jumlahnya tidak banyak yang dihitung berdasarkan perkapita atau per orang. Limbah organik rumah tangga pada umumnya berasal dari sisa makanan seperti sayur-sayuran, bumbu-bumbu masak, dan kertas. Jumlah limbah organik rumah tangga yang sedikit, maka dapat dimanfaatkan oleh masyarakat menjadi kompos. Tetapi tidak jarang juga dimanfaatkan sebagai pakan ikan, dengan cara memilah limbah yang dapat dijadikan pakan ikan. Contohnya adalah sisa sayur-sayuran, kepala ikan, kulit udang yang jumlahnya sedikit. Selain itu juga dapat dimanfaatkan sebagai sumber organik untuk menumbuhkan pakan alami ikan dengan proses fermentasi ataupun dekomposisi hingga menjadi pupuk perairan (Parmadi et al., 2019).

7.2.2 Limbah Organik Industri

Limbah organik industri merupakan limbah yang berasal dari organisme atau makhluk hidup yang dihasilkan dari industri atau perusahaan pangan yang berskala besar atau melimpah. Limbah organik industri yang jumlahnya melimpah akan menyumbang limbah atau sampah terbesar di dunia jika tidak dimanfaatkan dengan baik. Beberapa industri sudah memanfaatkan limbah organik diolah menjadi pupuk untuk tanaman di ruang lingkup industri itu sendiri. Namun, tidak sedikit yang belum dapat memanfaatkan limbah organik dengan tepat. Limbah organik yang berasal dari industri contohnya adalah bungkil kelapa sawit yang merupakan hasil sampingan dari proses pembuatan minyak sawit. Limbah yang berasal dari industri pengolahan gandum. Limbah dari industri makanan seperti tulang dan daging dari industri sosis, kulit udang berasal dari

industri tempura atau pun otak-otak, kepala ikan dan tulang ikan dari industri fillet ikan ataupun pembuatan abon ikan, dan lain-lain.

Perbedaan limbah organik yang didasari jenis organisme yang dihasilkan. Perbedaan tersebut berasal dari organisme hewan (hewani) dan tanaman (nabati).

7.2.3 Limbah Organik Sisa Buangan Pabrik berasal dari Hewan (Hewani)

Bahan baku pakan ikan yang berasal dari limbah atau hasil samping dari pabrik pangan bersifat hewani pada umumnya dari pabrik pengolahan sosis, nugget, tempura udang, abon, fillet daging ikan, dan limbah olahan hewan lain-lain. Limbah olahan pangan yang berasal dari hewani antara lain adalah sebagai berikutL:

a. Limbah Ikan

Ampas atau limbah olahan ikan merupakan bagian ikan yang tidak dimanfaatkan menjadi pangan atau makanan. Bagian tubuh dari ikan yang tidak termanfaatkan adalah usus, tulang, kepala dan ekor yang pasti tidak layak untuk dikonsumsi manusia. Limbah ikan tidak hanya berasal dari hasil olahan ikan, namun sebesar 50% hasil tangkapan ikan dan udang tidak termanfaat. Hasil sampingan dari penangkapan ikan saat ini digunakan bersama dengan ikan rucah dan ikan teri diproduksi menjadi tepung ikan di Cina (Mo, Man and Wong, 2018). Penelitian di Cina memperkirakan bahwa setiap tahun ketahun limbah ikan yang dihasilkan dari pengolahan ikan di Cina dapat menghasilkan antara 420.000 dan 650.000 tepung ikan yang sekiranya memenuhi 50% kebutuhan tepung ikan industri akuakultur di Cina saat ini.

Nilai nutrien dari tepung ikan yang terkandung dalam tepung ikan yang berasal dari limbah ikan memiliki protein kasar mencapai 58%, jika dibandingkan antara tepung ikan yang berkualitas tinggi tidak terlalu jauh berbeda nilai nutriennya.

Protein kasar yang dimiliki tepung ikan kualitas tinggi berkisar antara 60% sampai 70%. Kedua produk tersebut masih dalam batas aman dan memiliki nutrisi yang tinggi dan berpotensi menjadi sumber protein pakan ikan trofik rendah. Beberapa penelitian sudah dilakukan dengan memanfaatkan usus ikan trout dari industri pengolahan ikan asap menjadi sumber asam lemak yang baik untuk ikan Gilt-Head bream.

Produk lain selain tepung ikan, limbah ikan diolah menjadi silase ikan yang berbentuk cairan atau memiliki kandungan air yang tinggi. Silase ikan merupakan bentuk pengolahan limbah ikan yang sudah mengalami fermentasi. Kekurangan silase ikan jika digunakan pakan ikan akan menyumbang kadar air terbesar, sehingga ketika akan dijadikan pellet akan sulit.

Hidrolisat Silase Tuna yang merupakan hasil sampingan dari pengolahan tuna. Sebesar 7 juta ton hasil tangkapan ikan tuna pada tahun 2018 (FAO, 2021). Limbah dari pengolahan ikan tuna kaleng di Meksiko mencapai 52-54% dari 134.500 ton tuna yang didaratkan dimanfaatkan menjadi produk tepung sebagai bahan baku pakan ikan nila (Abdelkader Sa et al., 2010). Pabrik pengalengan ikan tuna menghasilkan limbah dari hampir semua proses menghasilkan limbah yang tinggi protein. Menurut (Abdelkader Sa *et al.*, 2010) melakukan penelitian limbah ikan tuna diolah menjadi hidrosilat silase dan dimanfaatkan menjadi pakan ikan nila memiliki pertumbuhan yang lebih besar dibandingkan dengan perlakuan lain.

Limbah ikan yang dijadikan tepung ikan memiliki kandungan mineral yang tinggi, terutama dibagian kepala ikan, kulit, isi perut, sirip, insang, hati, ginjal, dan sisik. Mineral yang terkandung dari bagian tersebut tinggi arsenik, timbal, merkuri, dan tembaga. Kandungan merkuri dan tembaga dibagian tersebut bisa mencapai 0,22 hingga 4,40 ppm dan 1,80 hingga 46,40 ppm. Selain

mineral berbahaya dalam limbah ikan ada kandungan lain yang bersifat *toxic* dengan dapat dikategorikan mejadi bahan desinfektan atau pestisida. Senyawa tersebut adalah chlordane, dieldrin, toxaphene, dichlorodiphenyl-dichloroethylene (DDE), dan dichlorodiphenyl-dichloroethane (DDD) (Ataguba, Tukaram Kamble and Salin, 2018). Tepung ikan dan silase ikan dapat dilihat pada gambar 7.1.



(A)



(B)

Gambar 7.1 Tepung ikan (A) dan Silase Ikan (B)

(Sumber: <https://www.peternakindonesia.id/jual-tepung-ikan/>)

(Sumber: <https://perikanan38.blogspot.com/2020/03/cara-pembuatan-silase-ikan.html>)

b. Limbah dari Industri Pengolahan Udang

Hasil sampingan selain ikan adalah limbah yang berasal dari hewan avertebrata yakni crustacea. Limbah ini berasal dari hasil sampingan industry atau pabrik pengolahan pangan/makanan seperti tempura udang, dimsum, hingga buangan bahan makanan yang tidak terpakai atau tidak dimasak seperti kepala dan kulit

udang. Limbah kulit udang dimanfaatkan sebagai bahan protein dalam pakan ikan dengan memanfaatkan protein yang berkualitas tinggi, karena dapat diisolasi sehingga memiliki nilai gizi dan kualitas yang baik.

Beberapa penelitian ketika bahan baku pakan ikan yang berasal dari industri udang dipisahkan antara kitin dalam kulit udang dan dimasukkan ke dalam pakan ikan, maka terjadi peningkatan pertumbuhan ikan dan kelangsungan hidup ikan nila (DIOP *et al.*, 2013). Menurut penelitian (DIOP *et al.*, 2013)) penggabungan produk limbah udang dalam ransum ikan nila memberikan performa pertumbuhan yang terbaik disbanding dengan ransum control. Prameternya dengan SGR (3,79) yang diperoleh dari penambahan limbah udang sebesar 45%. Penelitian lain juga dilakukan oleh L.C.Nwanna, (2003) dengan fermentasi kepala dan kulit udang dapat memberikan peforma pertumbuhan yang tinggi dibandingkan dengan perlakuan lain terhadap ikan lele (*Clarias gariepinus*). Tepung kepala dan kulit udang dapat dilihat pada Gambar 7.2.



Gambar 7.2 Tepung Kepala dan Kulit Udang
Sumber : Wiji Lestari and Devi Artanti, 2021

c. Limbah dari Industri Pengolahan Unggas

Limbah yang berasal dari industri pengolahan pangan dari unggas (ayam, bebek, burung) pada umumnya berupa tepung bulu, usus, tepung tulang dan daging. Beberapa penelitian yang memanfaatkan limbah dari industri pengolahan unggas dapat

menggantikan tepung ikan. Substitusi tepung tulang dan daging dalam pakan ikan dapat menurunkan biaya produksi budidaya ikan tanpa mengurangi palatabilitas, asam lemak esensial pada karkas, asam amino esensial dan tanpa mengurangi daya cerna (Bureau *et al.*, 2000; Ataguba, Tukaram Kamble and Salin, 2018).

Pakan ikan yang berasal dari limbah pengolahan unggas (tepung tulang dan daging) adalah produk sampingan dari pengolahan daging hewan terrestrial dan memiliki jumlah protein yang tinggi serta profil EAA (Esensial Amino Acid) yang relevan. Pembuatan pakan ikan yang berasal dari tepung tulang dan daging unggas saat ini diaplikasikan untuk pakan ikan *T. zilli* yang dibudidayakan air payau tanpa menimbulkan efek negatif terhadap pertumbuhan ikan. Selain tepung tulang dan daging, pemanfaatan limbah dari unggas adalah jeroan atau usus, namun pemanfaatan limbah ini masih perlu penelitian lebih lanjut. Pemanfaatan limbah ini perlu penelitian lebih lanjut karena ditakutkan parasit ataupun penyakit yang berasal dari unggas dapat menginfeksi ikan dengan cara berganti inang dari unggas ke ikan melalui pakan. Penelitian (Sulieman and Ahmed, 2011) menghasilkan performa pertumbuhan ikan nila paling tinggi pada perlakuan tepung tulang dan daging unggas.



Gambar 7.3 Tepung Tulang dan Daging Unggas
Sumber : (Sandy, 2005)

Limbah industri pengolahan unggas selain tepung tulang dan daging adalah tepung bulu. Tepung bulu merupakan tepung yang berasal dari limbah unggas yang mengandung keratin, suatu protein komposit. Tepung bulu dapat dicerna oleh ikan melalui hidrolisis. Pengolahan tepung bulu sebelum dijadikan bahan baku pakan ikan perlu diproses terlebih dahulu dengan cara dimasak, diberi tekanan seperti dipresto supaya lunak dan mudah dicerna oleh ikan. Asam amino yang terkandung dalam tepung bulu seperti cystine, threonine and arginine adalah asam amino esensial yang melimpah dalam tepung bulu dan memiliki tingkat pencernaan dengan pepsin sebesar 75-87% (Bureau *et al.*, 2000). Upaya yang dilakukan untuk meningkatkan pencernaan tepung bulu, penelitian yang sudah dilakukan dengan cara menfermentasi dengan penambahan mikroorganisme. Penelitian tersebut menghasilkan tingkat pencernaan yang sama bisa diberi bahan baku tepung ikan.

Berdasarkan penelitian pengolahan tepung bulu dipastikan tepung bulu dapat menggantikan tepung ikan sebagai bahan baku sumber protein dan tidak tersedianya factor anti nutrisi. Pemanfaatan tepung bulu yang telah difermentasi sebanyak 50% dapat diterapkan dalam pakan komersial ikan nila tanpa mempengaruhi pertumbuhan dan dapat meningkatkan efisiensi pemanfaatan nutrient. Bahkan saat ini ada perusahaan di China saat ini sudah memproduksi dan menjual produk tepung bulu hidrolisis.

d. Limbah Rumah Potong Hewan (RPH)

Limbah yang berasal dari rumah potong hewan pada umumnya adalah darah sapi atau domba. Sejauh ini darah dari hewan di RPH tidak dapat dimanfaatkan. Beberapa masyarakat memanfaatkan darah sapi atau domba/kambing dijadikan didih dan menjadi masakan. Tetapi masyarakat yang beragama muslim, darah tidak

dihalalkan untuk dimakan. Maka masalah tersebut menjadikan darah dibuang begitu saja di pembuangan. Limbah darah dari RPH saat ini dimanfaatkan menjadi pakan ternak diolah menjadi tepung. Pengembangan produk pakan budidaya yang berkelanjutan akan bergabung pada identifikasi dan penetapan bahan pakan alternatif selain tepung ikan. Menurut Makinde and Sonaiya, (2012) menyatakan bahwa substitusi pemberian tepung darah dapat menggantikan tepung ikan pada pembuatan pakan ikan lele. Penelitian lain pada ikan nila yang dilakukan oleh Aladetahun N. F dan Sogbesan O. A, (2013) menghasilkan pertumbuhan yang baik dan tidak ada pengaruh buruk terhadap pertumbuhan dan kelangsungan hidup. Tepung darah sapi disajikan pada Gambar 7.4.



Gambar 7.4 Tepung Darah
Sumber

:<https://www.ilmuternak.com/2016/06/cara-membuat-tepung-darah.html>

7.2.4 Limbah Organik Sisa Buangan Pabrik berasal dari Tanaman (Nabati)

Pengolahan makanan menghasilkan produk sampingan yang pada umumnya bernilai lebih rendah dibandingkan dengan bahan baku bukan berasal dari hasil sampingan pengolahan. Penggunaan produk sampingan dari

pengolahan makanan dapat menekan biaya produksi budidaya ikan. Keuntungan lain selain dapat menekan biaya produksi, dengan memanfaatkan kembali limbah sebagai pakan yakni menjaga ekosistem, hal ini dikarenakan jika limbah terus menerus dibuang akan mempengaruhi lingkungan. Limbah organik sisa buangan pabrik yang berdifat nabati atau yang berasal dari tumbuhan adalah dedak/bekatul, bungkil dari pengolahan minyak, pengolahan sereal, dan pengolahan minuman bir.

a. Bungkil dari pengolahan minyak

Limbah yang berasal dari olahan bahan baku yang menghasilkan minyak adalah bungkil. Produksi bungkil biji minyak dunia mencapai 269 juta ton tahun 2013 dan selalu meningkat seiring berjalannya waktu. Peningkatan produksi minyak menghasilkan bungkil berkisar 9,3% ditahun 2015 dan meningkat 70 juta ton ditahun 2022 (OECD-FAO, 2017).Tepung bungkil minyak yang dihunakan dalam pakan ternak termasuk bungkil yang berasal dari kedelai, kapas, kacang tanah, biji wijen, kanola dan biji bunga matahari sebagai makanan tambahan atau pengganti sumber protein.

Beberapa penelitian dilakukan dengan memanfaatkan tepung bungkil kedelai sebagai bahan baku tambahan dalam pakan. Penambahan tepung bungkil kedelai atau bahkan menggantikan tepung ikan sebesar 70% ditambah dengan L-Metionin untuk melengkapi asam amino yang terkandung dalam pakan. Penelitian lebih lanjut mengenai bungkil kedelai saat ini dengan menggantikan tepung ikan dapat mencapai 75% hingga 100% tidak mempengaruhi pertumbuhan ikan lele (Goda, El-Haroun and Kabir Chowdhury, 2007).

Tepung biji kanola diolah menjadi minyak yang merupakan minyak yang sudah diproduksi di Kanada. Biji kanola di Kanada melalui proses ekstraksi dengan pelarut mengandung 3,5% lemak sisa, 6%abu, 12% serat kasar dan protein 35% protein kasar (Gatlin et al., 2007). Tepung bungkil kanola dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku pakan ikan terutama ikan lele,

bahkan dapat menggantikan SBM (*soybeen meal*) sebesar 36%. Penelitian dengan 25% substitusi tepung bungkil kanola pada ikan lele mempengaruhi pertumbuhan menjadi lebih besar dan tidak mempengaruhi hal lain yang buruk pada ikan lele (Slawski *et al.*, 2011)

Tepung biji wijen hasil sampingan dari pengolahan minyak wijen jika di ekstraksi dengan pelarut mengandung 48,5% protein kasar, 10,1% serat kasar, lemak 2,6% lemak kasar, dan 12,6% abu (Feedipedia, 2015). Pemberian pakan dengan penambahan tepung bungkil wijen dan pemberian bungkil kedelai tidak memiliki perbedaan yang signifikan pada parameter pertumbuhan ikan dan pemanfaatan pakan, terutama memiliki nilai positif pada rasio konversi pakan (FCR) untuk ikan lele dumbo (Jimoh and Aroyehun, 2011).

Bungkil kacang tanah merupakan makanan sampingan dari produksi minyak dengan menggunakan biji kacang tanah. Bungkil kacang tanah (GNC) berdasarkan bahan kering, mengandung 49-56,2% protein kasar, 7,0-14% serat kasar, 0,7-10% lemak kasar, dan 5,8-7,1% abu, tergantung pada metode pengolahan dan keberadaan korteks.

Tepung bungkil yang dimanfaatkan sebagai bahan baku pakan ikan memiliki daya cerna tinggi. Penelitian terkait tentang pemanfaatan tepung bungkil hasil samping pembuatan minyak pada ikan lele sudah dilakukan yang menghasilkan nilai pencernaan 86,9% bungkil kedelai dan bungkil kacang tanah 86,6%. Menurut Li, Oberle and Lucas, (2013) melaporkan bahwa bungkil kedelai memiliki daya cerna lebih baik dibanding dengan bungkil hasil samping pembuatan minyak. Bungkil kedelai selain memiliki daya cerna yang tinggi, bungkil kedelai merupakan sumber protein nabati yang memiliki asam amino.

b. Pengolahan sereal

Produk sampingan sereal adalah sumber pati yang memiliki protein rendah berkisar 10-20%. Produk samping pengolahan sereal berasal dari jagung dan gandum. Jagung diproses dengan cara digiling atau dihancurkan basah yang menghasilkan minyak jagung dan pati, yang di proses lebih lanjut untuk menghasilkan dekstrin dan glukosa. Produk ini memiliki kandungan lisin yang rendah dan sebaiknya digunakan bersamaan dengan bahan pakan lain yang kaya dengan lisin (Li, Oberle and Lucas, 2013). Kandungan pati yang tinggi dalam biji-bijian sereal menyiratkan viskositas pakan dan ini telah ditemukan untuk meningkatkan viskositas pencernaan yang mempengaruhi proses fermentasi didalam usus, pencernaan nutrien dan kandungan bahan kering lain pada pakan ikan lele. Pemanfaatan produk samping sereal tidak memiliki dampak antagonis pada kinerja ikan lele.

Hasil samping pengolahan gandum terdiri dari kulit biji gandum selama penggilingan dan kutikula, pericarp dan kulit biji, yang semuanya membentuk lapisan luar biji serta sejumlah kecil endosperma tepung kernel. Dedak gandum (polard) mengandung sekitar 17% protein kasar dan 10% serat berdasarkan bahan kering. Kandungan serat yang tinggi membatasi penggunaan polard dalam pakan ikan omnivora dan karnivora. Penggunaan polard disarankan hanya 2-5% dalam pakan ikan.

Bekatul merupakan bagian kulit dari hasil samping dari penggilingan padi yang menghasilkan beras. Bekatul mengandung antara 11% dan 19% protein kasar yang berbasis bahan kering. Bekatul diproses dengan cara dimasak, atau di panaskan dapat meningkat kandungan protein kasar menjadi 18,9% dan jika di panggang bekatul dapat menghasilkan protein 16,6% (Aparecida *et al.*, 2012)

DAFTAR PUSTAKA

- Abdelkader Sa, S. *Et Al.* (2010) 'The Use Of Tuna Industry Waste In The Practical Diets Of Juvenile Nile Tilapia (*Oreochromis Niloticus*, L.): Effect On Growth Performance, Nutrient Digestibility And Oxidative Status', *Aquaculture Research*, 41, Pp. 1875–1886. Available At: <https://doi.org/10.1111/j.1365>.
- Aladetohun N. F And Sogbesan O. A (2013) 'International Journal Of Fisheries And Aquaculture Utilization Of Blood Meal As a Protein Ingredient From Animal Waste Product In The Diet Of *Oreochromis Niloticus*', 5(9), Pp. 234–237. Available At: <https://doi.org/10.5897/Ijfa10.031>.
- Aparecida, S. *Et Al.* (2012) *Nutritional Composition Of Rice Bran Submitted To Different Stabilization Procedures, Article Brazilian Journal Of Pharmaceutical Sciences.*
- Ataguba, G.A., Tukaram Kamble, M. And Salin, K.R. (2018) *Food Industry By-Products As Protein Replacement In Aquaculture Diets Of Tilapia And Catfish.*
- Bureau, D.P. *Et Al.* (2000) *Feather Meals And Meat And Bone Meals From Different Origins As Protein Sources In Rainbow Trout ž / Oncorhynchus Mykiss Diets, Aquaculture.* Available At: www.Elsevier.Nlrlocateraqua-Online.
- Diop, D. *Et Al.* (2013) 'Use Of Biochemically Improved Shrimp Industry Waste In Fry Tilapia (*Oreochromis Niloticus*, Linnaeus 1758) Diets: Effects On Growth Performance And Carcass Composition', *Journal Of Biology And Life Science*, 4(2), p. 328. Available At: <https://doi.org/10.5296/Jbbs.v4i2.4091>.
- Dwi Cahya, M. And Andriani, Y. (2021) *Utilization Of Food Waste As Raw Material For Fish Feed (A Review).* Available At: www.Globalscientificjournal.Com.

- Food And Agriculture Organization (Fao) (2021) 'The State Of World Fisheries And Aquaculture', *Inform. American Oil Chemists Society*, Pp. 6–10. Available At: <https://doi.org/10.4060/Ca9229en>.
- Gatlin, D.M. *Et Al.* (2007) 'Expanding The Utilization Of Sustainable Plant Products In Aquafeeds: A Review', *Aquaculture Research*, Pp. 551–579. Available At: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2007.01704.x>.
- Goda, A.M., El-Haroun, E.R. And Kabir Chowdhury, M.A. (2007) 'Effect Of Totally Or Partially Replacing Fish Meal By Alternative Protein Sources On Growth Of African Catfish *Clarias Gariepinus* (Burchell, 1822) Reared In Concrete Tanks', *Aquaculture Research*, 38(3), Pp. 279–287. Available At: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2007.01663.x>.
- Jimoh, W.A. And Aroyehun, H.T. (2011) 'Evaluation Of Cooked And Mechanically Defatted Sesame (*Sesamum Indicum*) Seed Meal As a Replacer For Soybean Meal In The Diet Of African Catfish (*Clarias Gariepinus*)', *Turkish Journal Of Fisheries And Aquatic Sciences*, 11(2), Pp. 185–190. Available At: <https://doi.org/10.4194/Trjfas.2011.0202>.
- L.C.Nwanna (2003) 'Nutritional Value And Digestibility Of Fermented Shrimp Head Waste Meal By African Catfish *Clarias Gariepinus*', *Pakistan Journal Of Nutrition*, 2(6), Pp. 339–345.
- Li, M.H., Oberle, D.F. And Lucas, P.M. (2013) 'Apparent Digestibility Of Alternative Plant-Protein Feedstuffs For Channel Catfish, *Ictalurus Punctatus* (Rafinesque)', *Aquaculture Research*, 44(2), Pp. 282–288. Available At: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2011.03035.x>.
- Makinde, O.A. And Sonaiya, E.B. (2012) 'The Potential Of Two Vegetable-Carried Blood Meals As Protein Sources In African Catfish (≪i≫*Clarias Gariepinus*≪i≫, Burchell) Juvenile Diets', *Open Journal Of Animal Sciences*, 02(01), Pp. 15–18. Available At: <https://doi.org/10.4236/Ojas.2012.21003>.

- Mo, W.Y., Man, Y.B. And Wong, M.H. (2018) 'Use Of Food Waste, Fish Waste And Food Processing Waste For China's Aquaculture Industry: Needs And Challenge', *Science Of The Total Environment*, 613-614, Pp. 635-643. Available At: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.08.321>.
- Oecd-Fao (2017) *Oecd-Fao Agricultural Outlook 2017-2026*. Oecd (Oecd-Fao Agricultural Outlook). Available At: https://doi.org/10.1787/Agr_Outlook-2017-En.
- Parmadi *Et Al.* (2019) 'Pengolahan Limbah Organik Rumah Tangga Di Desa Renah Alai Kabupaten Merangin', *Jurnal Inovasi, Teknologi, Dan Dharma Bagi Masyarakat (Jitdm)*, 1(1), Pp. 43-50.
- Sendy, A. (2005) *Pemanfaatan Tepung Daging Tulang Leher Ayam Pedaging Pada Pembuatan Makanan Ringan (Snack) Untuk Meningkatkan Nilai Gizi*.
- Slawski, H. *Et Al.* (2011) 'Replacement Of Fish Meal With Rapeseed Protein Concentrate In Diets Fed To Wels Catfish (*Silurus Glanis* L.)', *Aquaculture Nutrition*, 17(6), Pp. 605-612. Available At: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2095.2011.00857.x>.
- Suliyman, A.M.A. And Ahmed, H.M. (2011) 'Performance Of Nile Tilapia (*Oreochromis Niloticus*) Fed Fish Meal And Poultry By-Product', *Online Journal Of Animal And Feed Research*, 1(6), Pp. 444-447.
- Tugiyono *Et Al.* (2020) 'Utilization Of Fish Waste As Fish Feed Material As An Alternative Effort To Reduce And Use Waste', *Pakistan Journal Of Biological Sciences*, 23(5), Pp. 701-707. Available At: <https://doi.org/10.3923/Pjbs.2020.701.707>.
- Wiji Lestari, F. And Devi Artanti, G. (2021) 'Pengaruh Substitusi Tepung Limbah Udang Pada Stik Keju Terhadap Daya Terima Konsumen The Effect Of Shrimp Waste Flour Substitution On Cheese Stick With Consumer Acceptability', 1(2), Pp. 1-12.

BAB 8

PENYUSUNAN FORMULASI PAKAN

Oleh Darsiani

8.1 Pendahuluan

Pakan merupakan poin penting dalam sebuah usaha budidaya perikanan, dan disinyalir dapat menyerap biaya mencapai 70% dari total biaya produksi (Haryati, 2021); (Risyaadi, Afrilia and Irawan, 2022). Pakan bertindak penuh dalam pemenuhan kebutuhan energi bagi kultivan. Pakan adalah sebutan dari makanan yang diberikan pada hewan peliharaan, baik pada hewan teresterial maupun hewan akuatik.

Perkembangan ilmu pengetahuan tentang kebutuhan nutrisi ikan mengharuskan produsen pakan (pabrik) menguasai tata cara penyusunan formulasi pakan. Penyusunan formulasi pakan sangat dibutuhkan dalam membuat pakan, agar diperoleh pakan berkualitas dan efisien untuk menunjang pertumbuhan ikan. (Risyaadi, Afrilia and Irawan, 2022) menyatakan hal senada bahwa, keberhasilan penyusunan formulasi pakan akan memberi dampak positif terhadap harga pakan yang lebih terjangkau dan berkualitas.

Untuk melakukan penyusunan formulasi pakan dibutuhkan pengetahuan mengenai kebutuhan nutrisi ikan, baik kebutuhan makronutrien (protein, lemak, dan karbohidrat, maupun mikronutrien (vitamin dan mineral). Kemudian selanjutnya dilakukan pengujian dan evaluasi kandungan nutrisi bahan baku pakan. Menurut (Andani and Perdinan, 2018), bahan baku pakan adalah semua bahan yang digunakan dalam membuat pakan, baik berupa bahan organik maupun anorganik, tanpa menimbulkan efek negatif bagi kesehatan organisme yang mengonsumsinya.

Pada bab ini, selain membahas tentang metode-metode penyusunan formulasi pakan, juga akan dibahas mengenai beberapa poin yang dapat mendukung keberhasilan formulasi pakan, yakni pengetahuan tentang kebutuhan energi bagi ikan dan kandungan nutrisi bahan baku pakan.

8.2 Pemilihan Bahan Baku Pakan Berdasarkan Kebutuhan Nutrisi Kultivan

Dalam menyusun formulasi pakan dibutuhkan pengetahuan tentang kebutuhan nutrisi ikan yang akan dibuatkan pakan. Kemudian perlu data lengkap mengenai kandungan nutrisi bahan baku yang digunakan untuk membuat pakan, baik nutrisi dari unsur makronutrien maupun unsur mikronutrien. (Haryati, 2021), nutrien yang termasuk dalam unsur makro adalah protein, lemak, dan karbohidrat. Sedangkan yang termasuk nutrien mikro adalah vitamin dan mineral.

Menurut (Mainisa, 2019b), nutrisi pakan dikelompokkan menjadi 4 jenis, yakni makronutrien, mikronutrien, vitamin, mineral, air. Dewasa ini unsur air menjadi salah satu unsur yang sangat perlu dipertimbangkan keberadaannya di dalam formulasi pakan. Menurut (Piliang and Djojosoebagio, 2006), air adalah unsur yang berperan penting dalam reaksi-reaksi kimia di dalam tubuh setiap organisme. (Darmawiyanti and Boidhowi, 2015) menambahkan bahwa kandungan air di dalam pakan, dapat menjadi tolak ukur daya simpan pakan. Semakin kecil nilai kandungan air di dalam pakan, maka waktu simpan pakan dapat lebih lama.

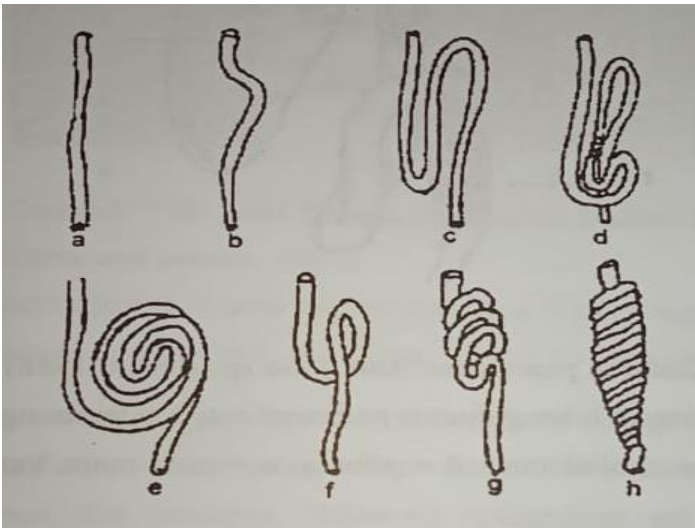
Kebutuhan nutrisi berbeda pada setiap spesies ikan, termasuk dipengaruhi oleh kondisi biologisnya. Menurut (Haryati, 2021), nutrisi yang diberikan pada kultivan akan digunakan untuk tumbuh dan berkembang. Khusus pada indukan, nutrisi akan dimanfaatkan untuk menghasilkan telur dan larva yang berkualitas. Sedangkan kebutuhan nutrisi bagi larva, lebih banyak digunakan untuk perkembangan organ dan pertumbuhan. (Darsiani *et al.*, 2022), larva ikan membutuhkan pakan yang memiliki nutrisi yang dapat menunjang perkembangan mata dan siripnya. Kesuksesan perkembangan organ mata dan sirip, dapat meningkatkan

kemampuan larva melakukan aktifitas pemangsaan pakan, sehingga dapat diperoleh pertumbuhan dan kelangsungan hidup yang lebih baik. Menurut (Mainisa, 2019b), bahwa ada 6 faktor yang mempengaruhi kebutuhan nutrisi ikan berbeda, antara lain sebagai berikut:

1. Jenis atau spesies yang berbeda, dapat mempengaruhi tingkah laku ikan menjadi berbeda. Bagi ikan penetap membutuhkan nutrisi dengan jumlah yang relatif lebih kecil dibanding ikan perenang,
2. Umur atau stadia ikan, menjadi faktor pembeda karena pada tingkatan umur ikan yang berbeda memiliki tingkat metabolisme yang berbeda pula. Misal: ikan muda membutuhkan lebih banyak energi untuk *survive*, bertumbuh dan berkembang,
3. Ukuran ikan yang lebih besar memiliki tingkat metabolisme yang lambat sehingga membutuhkan energi yang lebih kecil dibandingkan dengan ikan muda,
4. Aktifitas fisiologis, dapat mempengaruhi besar kecilnya kebutuhan energi. Misalnya; ikan dalam masa reproduksi membutuhkan lebih banyak energi untuk calon anak dan pemeliharaan tubuh (*recovery*),
5. Pergerakan yang lebih aktif membutuhkan energi yang lebih tinggi,
6. Suhu lingkungan dan musim dapat mempengaruhi tingkat metabolisme organisme termasuk ikan. Pada suhu yang lebih hangat didapati laju metabolisme yang meningkat.

Para pakar nutrisi ikan sering kali juga berpedoman pada kebiasaan jenis makanan yang disukai ikan untuk menentukan kebutuhan nutrisi ikan. (Affandi *et al.*, 2009), Ikan yang cenderung kebiasaan jenis makanannya lebih dominan hewani, dikelompokkan dalam hewan karnivora. Jika kecenderungan jenis makanannya adalah nabati, dikelompokkan sebagai hewan herbivora, sedangkan ikan yang dapat memanfaatkan kedua sumber nutrisi tersebut (hewani dan nabati) dikategorikan sebagai hewan omnivora.

Kebutuhan nutrisi berbeda antara karnivora, herbivora, dan omnivora, disebabkan oleh kondisi biologis yang berbeda. Ikan kelompok herbivora memiliki kemampuan dapat memanfaatkan sumber protein nabati lebih baik dibanding kelompok karnivora. Menurut (Djumanto *et al.*, 2017); (Zulfahmi and Humairani, 2018), herbivora memiliki struktur organ pencernaan yang istimewa yakni memiliki usus yang lebih panjang 3 (tiga) kali lipat dari panjang tubuhnya, sehingga ususnya membentuk gulungan/ lilitan. Pakan nabati yang terkonsumsi oleh herbivora, dapat lebih lama melalui proses pencernaan (*digestion*), dan penyerapan dapat dimaksimalkan. Sedangkan ikan karnivora memiliki usus yang relatif lebih pendek, dan ususnya memanjang menyerupai tabung (Affandi *et al.*, 2009). Anatomi usus ikan bertulang sejati dapat dilihat pada gambar 8.1. sebagai berikut:



Gambar 8.1 Anatomi Usus Ikan Bertulang Sejati, bentuk tabung (a), berlekuk (b), bentuk S (c dan f), berbentuk gulungan berlawanan arah (d dan e), bentuk lilitan (g dan h)
(Sumber : Affandi *et al.*, 2009)

Selain itu kelompok ikan herbivora juga memiliki keistimewaan lain yakni di dalam saluran cernanya dapat disintesis enzim selulosa (Fahrudin, Haedar and Tuwo, 2020). Sebagaimana kita ketahui bahwa pakan nabati banyak mengandung selulosa yang sangat sulit dicerna. Kehadiran enzim selulosa di dalam saluran cerna herbivora, menyebabkan pakan nabati dapat dicerna dengan baik.

Berikut akan dipaparkan kebutuhan nutrisi makro dan mikro bagi ikan. Namun terlebih dahulu akan dijelaskan perbedaan antara makronutrien dan mikronutrien. Menurut (Maywati and Hidayanti, 2018), makronutrien adalah nutrisi yang dibutuhkan dalam jumlah yang besar/ banyak, sedangkan mikronutrien adalah nutrisi yang dibutuhkan dalam jumlah yang kecil/ sedikit. Kelompok nutrisi yang termasuk dibutuhkan dalam jumlah yang besar adalah protein, lemak dan karbohidrat. Sementara kelompok mikronutrien meliputi vitamin dan mineral.

8.2.1 Makronutrien

8.2.2 Kebutuhan Protein

Secara umum kebutuhan protein bagi ikan, berkisar antara 20-25% (Mubaraq *et al.*, 2022). Bagi ikan laut kelompok ikan karnivora, membutuhkan kadar protein yang lebih besar berkisar 45%, dan memiliki kecenderungan lebih menyukai protein hewani (Manik and Arleston, 2021). (Mainisa, 2019a), salah satu sumber protein hewani yang dapat dimanfaatkan sebagai pakan ikan adalah keong mas. Keong mas mengandung protein yang tinggi sekitar 43,2%. Sedangkan kebutuhan protein bagi ikan herbivora sebesar 15 – 30 %, dan 45% bagi ikan karnivora. Sedangkan untuk ikan-ikan muda secara umum memerlukan pakan yang mengandung sebesar protein 50 % (Manik, 2022).

8.2.3 Kebutuhan Lemak

Secara umum ikan membutuhkan lemak pakan berkisar antara 4-18% (Mubaraq *et al.*, 2022). Sumber lemak dapat diperoleh dari sumber hewani, contoh: lemak sapi, lemak ayam, dan sebagainya. Lemak dapat pula diperoleh dari nabati,

misalnya: minyak kelapa, minyak kacang tanah, minyak jagung, dan sebagainya.

8.2.4 Kebutuhan Karbohidrat

Senyawa karbohidrat dapat berupa serat kasar dan bahan ekstrak tanpa nitrogen (BETN). Kebutuhan kandungan karbohidrat di dalam pakan untuk ikan berkisar pada 20-30% (Manik and Arleston, 2021). Menurut (Mubaraq *et al.*, 2022), herbivora memiliki kemampuan memanfaatkan karbohidrat secara maksimal, misalnya ikan mas dapat memanfaatkan pakan dengan kandungan karbohidrat sebesar 40%, dan ikan gurame 35,59%. Sedangkan ikan kelompok karnivora hanya dapat memanfaatkan karbohidrat sebesar 12%. Namun secara umum kadar karbohidrat yang dapat dimanfaatkan oleh organisme akuatik berkisar pada 10-50%. Menurut (Fuji Lestari, Yuniarti and Abidin, 2013), ikan nila dapat memanfaatkan karbohidrat sebesar 34%. Sumber karbohidrat dapat memanfaatkan bahan lokal seperti jagung, beras, dedak (bekatul), tepung terigu, tepung tapioka, singkong, sagu, dan lain-lain.

8.2.5 Kebutuhan Serat

(Manik and Arleston, 2021), serat lebih banyak ditemukan pada tanaman atau sayuran. Kebutuhan serat dalam pakan masih diperlukan, karena serat dipercaya mampu mencegah kontipasi. Namun jumlah serat dalam pakan ikan perlu diperhatikan, karena bagi ikan kelompok karnivora tidak memiliki kemampuan mencerna serat secara maksimal. Direkomendasikan konsentrasi serat pakan untuk karnivora tidak lebih dari 4%, dan untuk herbivora masih dapat mentolerir kandungan serat sebesar 5-10%. Perlu menjadi perhatian lebih mengenai serat kasar bahan baku pakan, karena serat kasar yang tinggi dalam bahan pakan dapat mengakibatkan kualitas pakan menjadi jelek, karena dapat merusak metabolisme organisme yang mengonsumsinya.

Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk meminimalkan dampak negatif serat bahan baku pakan yakni melalui fermentasi. Hasil penelitian yang dilaporkan oleh (Nurhayati and Nazlia, 2019), bahwa meskipun pemanfaatan daun gamal *Gliricidia sepium* belum dilirik para ahli pakan sebagai bahan baku pakan, karena daun gamal memiliki kandungan serat yang tinggi. Namun pada penelitian tersebut, dilakukan fermentasi daun gamal dengan menggunakan kapang *Aspergillus niger*, diperoleh hasil bahwa daun gamal dapat digunakan sebagai pakan ikan nila dengan penggunaannya mencapai 40%.

8.2.6 Kebutuhan Mikronutrien (Vitamin dan Mineral)

Vitamin dan mineral merupakan unsur mikro, yang artinya dibutuhkan dalam jumlah yang sedikit. Vitamin dikelompokkan dalam 2 jenis berdasarkan jenis pelarutnya, yakni vitamin yang larut di dalam air (vitamin C dan B), dan vitamin yang larut di dalam minyak (vitamin A, D, E, dan K) (Maywati and Hidayanti, 2018).

Secara umum, ikan membutuhkan vitamin dan mineral berkisar pada 2-5% (Manik and Arleston, 2021). Meskipun dibutuhkan dalam jumlah yang sedikit, namun penambahan vitamin memiliki dampak yang besar terhadap performa ikan. Hasil penelitian (Fuji Lestari, Yuniarti and Abidin, 2013), menunjukkan bahwa penambahan vitamin sebesar 1% ke dalam ransum (pakan) ikan nila, dihasilkan pertumbuhan dan kelangsungan hidup yang lebih baik. Hasil penelitian (Darsiani *et al.*, 2023), melaporkan bahwa perlakuan penambahan vitamin C pada pakan induk baronang emas *Siganus guttatus*, dapat meningkatkan ukuran diameter telur sehingga diperoleh larva dengan tingkat ketahanan hidup yang lebih lama tanpa diberi pakan (6 hari setelah menetas-DAH).

8.3 Jenis Bahan Baku Pakan dan Nutrisinya

Bahan baku pakan adalah semua bahan yang akan digunakan dalam membuat pakan. Menurut (Manik, 2022), bahan baku dikelompokkan menjadi 3 kelompok, yakni hewani, nabati dan tambahan. Bahan baku kelompok ke-3 dinamai kelompok bahan tambahan, karena merupakan unsur yang ditambahkan dalam jumlah kecil namun diperlukan dalam formulasi pakan. Bahan baku tambahan terdiri dari vitamin dan mineral, bahan perekat, antioksidan, ragi, dan lain sebagainya.

Kriteria pemilihan bahan baku pakan untuk penyusunan formulasi pakan, antara lain; mudah diperoleh (Rusydi, Hartami and Khalil, 2017); (Tell *et al.*, 2023), pemanfaatannya tidak berkompetisi dengan manusia sehingga dapat diperoleh dengan mudah setiap waktu (Pinandoyo, Alfaruqy and Alamsyah, 2020); (Mubaraq *et al.*, 2022), memiliki kandungan gizi dan harga relatif murah (Hidayat and Mukhlash, 2015) dan tidak menimbulkan efek racun bagi organisme yang mengonsumsinya (Pinandoyo, Alfaruqy and Alamsyah, 2020). Perlu diketahui bahwa beberapa bahan baku pakan memiliki kandungan antinutrien yang dapat menyebabkan pengaruh negatif bagi kultivan. Antinutrien dapat menghambat pertumbuhan kultivan dan dapat bertindak sebagai racun penyebab kematian. Senyawa antinutrien yang dapat bertindak racun dalam bahan baku pakan, misalnya: tanin, pitat, gossypol, saponin, mimison (Manik and Arleston, 2021). Efek racunnya dapat diminimalkan dengan cara perebusan, penjemuran, atau pengovenan bahan baku (Tuziak, Rise and Volkoff, 2014).

Di lingkungan sekitar kita, besar peluang memperoleh bahan baku pakan, namun sebelum dipilih menjadi bahan baku pakan, perlu diketahui lebih awal mengenai gizi yang terkandung di dalamnya (Manik and Arleston, 2021), agar dapat disesuaikan dengan kebutuhan ikan. Untuk menentukan kandungan gizi bahan baku pakan, dapat melalui uji proksimat (Fuji Lestari, Yuniarti and Abidin, 2013). Analisa proksimat, menghasilkan kosentrasi komponen penyusun bahan baku pakan, meliputi makronutrien dan mikronutrien, serta komponen lainnya. Salah satu contoh hasil uji proksimat bahan baku pakan sebelum dilakukan formulasi pakan,

dapat dilihat pada tabel 8.1 (bahan baku hewani) dan tabel 8.2 (bahan baku nabati). Setelah mengetahui kandungan bahan baku pakan, maka selanjutnya dapat dilakukan pemilihan bahan baku pakan dan penentuan metode penyusunan formulasi pakan. Pemilihan metode penyusunan formulasi pakan dapat dilakukan berdasarkan kebutuhan dan kemampuan penggunaanya.

Tabel 8.1 Bahan Baku Pakan Sumber Hewani

Bahan Baku	Kandungan Nutrisi (%)				
	Protein	Lemak	Kadar Abu	Serat	Air
Tepung ikan	22,65	15,38	26,65	1,80	10,72
Tepung rebon (udang kecil)	59,4	3,6	-	-	21,6
Tepung benawa (anak kepiting laut)	23,38	25,33	11,41	11,82	5,43
Tepung kepala udang	53,74	6,65	7,72	14,61	17,28
Tepung kepompong ulat sutra	46,74	29,75	4,86	8,89	9,76
Tepung darah	71,45	0,42	5,45	7,95	5,19
Silase ikan	20	2	6	-	75
Bekicot	54,29	4,18	4,07	-	7,01

(Sumber: Manik, 2022)

Tabel 8.2 Bahan Baku Pakan Sumber Nabati

Bahan Baku	Kandungan Nutrisi (%)				
	Protein	Lemak	Karbohidrat	Serat Kasar	Air
Dedak padi	11,35	12,15	28,62	24,46	10,15
Dedak gandum	11,99	1,48	64,75	3,75	17,35
Sorgum	13,0	2,05	47,85	13,5	10,64
Ampas tahu	23,55	4,54	26,92	16,53	10,43
Bungkil kelapa	17,09	9,44	23,77	30,4	13,35

(Sumber: Manik, 2022)

8.4 Metode Penyusunan Formulasi Pakan

Ada beberapa metode yang dapat digunakan dalam penyusunan formulasi pakan, namun pemilihan metode sebaiknya disesuaikan dengan tujuan peruntukannya. Menurut (Hidayat and Mukhlash, 2015), metode penyusunan formulasi pakan antara lain: *linear programming*, *trial and error*, *equation* dan metode *Pearsons Square*. (Mubaraq *et al.*, 2022), metode *Pearsons Square* dibagi menjadi 2 (dua) metode, yakni kuadratik dengan dua bahan baku, dan metode kuadratik dengan lebih dari dua bahan baku. Dalam buku yang ditulis oleh Gusrina (2008) yang berjudul “Budidaya Ikan”, menuliskan beberapa metode penyusunan formulasi pakan, antara lain:

- Metode *Pearsons Square* (segi empat pearson)
- Metode aljabar
- Metode linear
- Metode *Trial and Error* (coba-coba)
- Metode *Work Sheet*

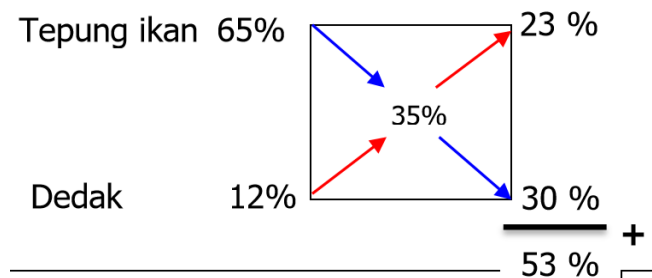
Selanjutnya akan dibahas metode-metode penyusunan formulasi pakan tersebut.

8.4.1 Metode *Pearsons Square*

Metode ini diperkenalkan pertama kali oleh *Pearsons*. Metode ini lebih sering dikenal dengan nama metode segi empat persegi, karena perhitungan kandungan nutrisi bahan baku pakan dilakukan dengan bantuan gambar dengan pola segi empat persegi. Dalam mengaplikasikan metode *Pearsons Square* (PS) berdasar pada pembagian kadar protein bahan baku yang akan digunakan. (Sary, 2019), mengelompokkan kadar protein menjadi 2 (dua) kelompok, yakni protein basal dan protein suplemen. Protein basal adalah bahan baku pakan yang memiliki kandungan protein kurang dari 20%. Sedangkan protein suplemen adalah bahan baku pakan yang mengandung protein lebih dari 20%. (Manik and Arleston, 2021), menyarankan agar menggunakan bahan baku pakan sebagai sumber protein,

mengandung kadar protein >20%. Tata laksana aplikasi metode PS, adalah sebagai berikut (Sary, 2019); (Tell *et al.*, 2023):

- Kandungan nutrisi bahan baku diuji, kemudian dikelompokkan berdasarkan kandungan/ kadar proteinnya, baik protein basal maupun protein suplemennya,
- Kemudian menentukan kadar protein pakan yang rencana dihasilkan (disesuaikan dengan kebutuhan ikan),
- Selanjutnya pola segi empat dibuat untuk mempermudah perhitungan,
- Kadar protein pakan yang direncanakan ditempatkan pada bagian tengah pola segi empat, dan nilai protein dari kedua kelompok ditempatkan pada kedua sudut sisi kiri pola segi empat,
- Kemudian nilai kadar protein basal dan protein suplemen dikurangi dengan nilai kadar protein yang direncanakan,
- Nilai hasil pengurangan ditempatkan pada kedua sudut di sisi kanan pola segi empat (abaikan nilai negatif),
- Kedua nilai yang berada di sisi kanan dijumlahkan, lalu hasilnya dituliskan di bawahnya. Untuk lebih jelasnya dapat di lihat pada gambar 8.2 sebagai berikut:



Gambar 8.2 Metode *Pearsons Square*
(Sumber : Sary, 2019)

- Selanjutnya hasil penjumlahan nilai pada sisi kanan, digunakan sebagai pembagi pada masing-masing nilai di sisi kanan, kemudian dikali 100%,
 - Tepung ikan = $\frac{23\%}{53\%} \times 100\% = 43,40\%$
 - Dedak = $\frac{30\%}{53\%} \times 100\% = 56,60\%$
- Kemudian nilai diperoleh tersebut dikalikan dengan jumlah bahan baku yang digunakan (masing-masing bahan baku baik protein basal maupun protein suplemen). Jadi, untuk membuat 50 kg pakan yang mengandung 30% protein, membutuhkan:
 - Tepung ikan, sebanyak $43,40\% \times 50 \text{ kg} = 21,17 \text{ kg}$
 - Dedak, sebanyak $56,60\% \times 50 \text{ kg} = 28,30 \text{ kg}$
- Hasil akhirnya, diperoleh nilai yang merupakan jumlah bahan baku yang perlu ditambahkan dalam formulasi pakan tersebut.
 - Tepung ikan sebanyak 21,17 kg, dan
 - Dedak sebanyak 28,30 kg
- Cara membuktikan kebenaran komposisi bahan baku pakan yang akan digunakan dengan membandingkan jumlah pakan yang direncanakan (50 kg) dengan kadar protein 35%, dapat dilakukan dengan cara mengalikan antara kadar protein bahan baku dengan kadar protein yang digunakan.

Nama bahan	Kandungan protein bahan baku (a) (%)	Jumlah bahan yang dibutuhkan (b) (%)	axb
Tepung ikan	65	43,40	28,21
Dedak	12	56,60	6,80
Jumlah protein dalam pakan (%)			35,01

8.4.2 Linear

Metode linear dianggap lebih fleksibel dari segi finansial. Pada metode ini, harga ransum (pakan) dapat dimasukkan sebagai peubah (tujuan fungsi) dalam perhitungan (Hidayat and Mukhlash, 2015). Metode ini hadir untuk memperoleh ransum (pakan) dengan harga lebih terjangkau. Menurut Gusrina (2008), metode linear menuntut penggunanya menguasai ilmu matematika dan dituangkan dalam komputer. Tata cara menggunakan metode ini, sebagai berikut:

- Pemilihan bahan baku dibuat secara manual dalam bentuk tabel,
- Kemudian membuat persamaan linear ($Y = a + bX$),
- Dari persamaan yang dibuat, dapat diperoleh nilai a dan b , sehingga diperoleh hasil nilai Y ,
- Nilai Y yang diperoleh dapat memudahkan menentukan nilai XY (kadar protein bahan baku),
- Langkah terakhir, sudah dapat menyusun formulasi pakan sesuai dengan kadar protein yang diperoleh dari persamaan linear tersebut.

8.4.3 *Trial and Error* (Coba-coba)

Metode ini banyak digunakan oleh para pembuat pakan skala kecil karena relatif lebih mudah. Namun dibutuhkan pengetahuan lebih mengenai besaran kebutuhan nutrisi bagi ikan yang dibuatkan pakan, dan mengetahui kadar nutrisi bahan baku pakan yang akan diolah menjadi pakan. Secara singkat, bahwa pada prinsipnya metode ini menganggap semua bahan yang akan digunakan harus berjumlah 100%. Misal; penggunaan bahan baku pertama dan seterusnya akan dijumlahkan hingga diperoleh nilai 100%. Tata cara menggunakan metode ini, adalah sebagai berikut (Gusrina, 2008):

- Bahan baku yang akan digunakan dipilih terlebih dahulu dan disesuaikan dengan kebutuhan kultivan,
- Data kandungan bahan baku ditabulasi dengan bantuan tabel, selanjutnya jenis bahan baku dituliskan dalam tabel sampai semua konsentrasi bahan baku bernilai 100%,
- Kemudian dikalikan antara kadar protein bahan baku dengan jumlah setiap bahan baku yang akan digunakan,
- Lalu hasil perkalian tersebut dijumlahkan, dan dipastikan mendekati dengan kadar protein yang direncanakan,
- Perhitungan kadar energi lain juga dilakukan cara yang serupa (misal; kadar lemak dan karbohidrat).

8.4.4 *Work Sheet*

Metode ini tergolong lebih mudah dioperasikan terutama bagi generasi Z jaman sekarang, karena metode ini menggunakan alat bantu komputer untuk menghitung jumlah bahan baku pakan (program excell). Prinsip kerjanya hampir sama dengan metode *trial and error*. Tata cara aplikasi metode ini sebagai berikut (Gusrina, 2008);

- Bahan baku pakan dipilih,
- Kemudian ditempatkan dalam tabel (*work sheet*) nilai konsentrasi nutrisi bahan baku yang digunakan,
- Selanjutnya ditentukan jumlah bahan pakan yang akan digunakan, lalu dimasukkan ke dalam *work sheet* kedua,
- Kandungan protein, lemak, serat kasar, dan BETN dihitung dengan cara coba-coba sampai diperoleh nilai yang diinginkan,
- Setelah kadar nutrisi diperoleh, kemudian dihitung nilai energi dari semua bahan baku yang digunakan. Rasio perbandingan antara protein dengan energi sebesar 10, sehingga untuk memperoleh nilai energi pakan, maka digunakan nilai pengali yang diperoleh dari perkalian antara kadar protein yang diinginkan dikali 10=350.

8.4.5 Metode Aljabar

Metode ini pada prinsipnya hampir sama dengan metode *Pearsons Square*. Terlebih dahulu dilakukan pengelompokan bahan baku berdasarkan konsentrasi protein yang terkandung dalam bahan baku. Kemudian menetapkan protein suplemen dengan kode X, dan untuk protein basal menggunakan kode Y. Selanjutnya mencari nilai X dan Y digunakan dengan menggunakan metode substitusi dan metode eliminasi. Metode substitusi adalah metode yang digunakan untuk mencari nilai X dan Y dengan cara mengganti dengan beberapa persamaan. Sedangkan metode eliminasi adalah metode yang digunakan untuk memperoleh nilai X dan Y dengan cara menghilangkan salah satu persamaan yang digunakan (Sary dan Lisnawati, 2019). Tata cara aplikasi metode ini, adalah sebagai berikut (Gusrina, 2008);

- Dilakukan terlebih dahulu pengelompokan protein menjadi 2 kelompok, yakni basal dan suplemen,
- Kemudian ditetapkan semua kadar nutrisi dalam bahan baku yang digunakan,
- Nilai yang diperoleh akan dibagi dengan jumlah bahan baku protein suplemen (a), dan basal (b). Misal; jika menggunakan bahan baku protein suplemen sebanyak 2 jenis, maka nilai pembaginya adalah 2, jika 3 bahan baku berarti pembaginya adalah 3, dan seterusnya,
- Langkah selanjutnya ditetapkan komponen X (protein suplemen) dan Y (protein basal),
- Selanjutnya dibuat 2 persamaan aljabar, persamaan ke-1 adalah $X+Y=100$, dan persamaan ke-2 adalah $aX+bY=35$. Nilai 35 pada persamaan ke-2 diperoleh dari kadar protein yang direncanakan,
- Selanjutnya persamaan 1 dikalikan dengan a sehingga diperoleh persamaan 3. Nilai a adalah nilai rata-rata protein suplemen,
- Selanjutnya persamaan 3 dikurangi persamaan 2, maka diperoleh nilai Y,
- Jika ingin mencari nilai X, maka dapat dilakukan dengan cara memasukkan nilai ke persamaan 1.

- Langkah terakhir, setiap komposisi bahan baku nilai X dan Y dapat diperoleh melalui persamaan yang dibuat.

DAFTAR PUSTAKA

- Affandi, R. *et al.* (2009) *Fisiologi Ikan: Pencernaan dan Penyerapan Makanan*. 1st edn. Bogor: IPB Prees.
- Andani, A. and Perdinan, A. (2018) *Formulasi Pakan dan Ransum Ternak Unggas*. Jakarta Selatan: Pusat Pendidikan Pertanian, Badan Penyuluhan dan Pengembangan SDM Pertanian, Kementerian Pertanian.
- Darmawiyanti, V. and Boidhowi (2015) *Artificial Feed Production Engineering in The Center of Fisheries Brackish-Water Aquaculture Situbondo East Java, Samakia: Jurnal Ilmu Perikanan*.
- Darsiani *et al.* (2023) 'Reproductive Responses of Golden Rabbit Fish *Siganus guttatus* Broodstock on Vitamin C Supplementation', *Jurnal Airaha*, 12(1), pp. 472–480.
- Darsiani, D. *et al.* (2022) 'Development of Siganid (*Siganus guttatus*) larvae during the transition period', *Depik*, 11(1), pp. 23–28. doi: 10.13170/depik.11.1.22296.
- Djumanto *et al.* (2017) 'Makanan dan Pertumbuhan Ikan Bandeng, *Chanos chanos* Forsskal 1775', *Jurnal Iktiologi Indonesia*, 17(1), pp. 83–100. doi: 10.32491/jii.v17i1.306.
- Fahrudin, Haedar, N. and Tuwo, M. (2020) 'Potensi Bakteri dari Limbah Kotoran Ternak Dalam Mendegradasi Selulosa', *Ilmu Alam dan Lingkungan*, 11(1), pp. 16–20.
- Fuji Lestari, S., Yuniarti, S. and Abidin, Z. (2013) 'Pengaruh Formulasi Pakan Berbahan Baku Tepung Ikan, Tepung Jangung, Dedak Halus da Ampas Tahu Terhadap Pertumbuhan Ikan Nila (*Oreochromis sp*)', *Jurnal KELAUTAN*, 6(1), pp. 36–46.
- Haryati (2021) *Kebutuhan Nutrisi Induk dan Larva Ikan*. 1st edn. Yogyakarta: Penerbit Deepublish.

- Hidayat, S. and Mukhlash, I. (2015) 'Rancang Bangun dan Implementasi Sistem Pendukung Keputusan Berbasis Web untuk Menentukan Formulasi Ransum Pakan Ternak', *Jurnal Sains Dan Seni Its*, 4(2), pp. 43–48.
- Mainisa (2019a) 'Acta Aquatica; Aquatic Sciences Journal', *Acta Aquatica*, 6(2), pp. 76–79.
- Mainisa (2019b) *Buku Ajar Nutrisi Ikan*. Salamah, *Buku Ajar: Nutrisi Ikan*. Salamah. Edited by Salamah. Available at: http://eprints.undip.ac.id/57888/4/Buku_Ajar_Nutrisi_Ikan_2016_IV.pdf.
- Manik, R. R. D. S. (2022) *Pakan Ikan dan Formulasi Pakan Ikan*. 1st edn, *Penerbit Widina Bhakti Persada Bandung*. 1st edn. Edited by E. Damayanti. Bandung.
- Manik, R. R. D. S. and Arleston, J. (2021) *Nutrisi dan pakan ikan*. 1st edn, *Penerbit Widina Bhakti Persada Bandung*. 1st edn. Edited by A. Sitanggang. Bandung. Available at: www.penerbitwidina.com.
- Maywati, S. and Hidayanti, L. (2018) 'Peran Asupan Makronutrien (Kalori) Siang Hari Terhadap Kelelahan Pekerja Wanita', *Jurnal Siliwangi*, 4(1), pp. 9–13.
- Mubaraq, A. *et al.* (2022) *Panduan Pembuatan Pakan Ikan*. Edited by O. Jumadi, S. R. H. Mulyaningrum, and M. Junda. Makassar.
- Nurhayati and Nazlia, S. (2019) 'Aplikasi Tepung Daun Gamal (*Gliricidia sepium*) yang di Fermentasi sebagai Penyusun Ransum Pakan terhadap Laju Pertumbuhan Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*)', *Jurnal Ilmiah Samudra Akuatika*, 3(1), pp. 6–11.
- Piliang, W. G. and Djojosoebagio, S. (2006) *Fisiologi Nutrisi*. 2nd edn. Bogor: IPB Prees.

- Pinandoyo, Alfaruqy, M. Z. and Alamsyah (2020) 'Aplikasi Formulasi Pakan dan Pembuatan Pakan Ikan yang Ramah Lingkungan secara Mandiri di Desa Kalipancur Kec. Ngaliyan Semarang', pp. 645–649. Available at:
<http://proceedings.undip.ac.id/index.php/semnasppm2019/article/view/418>.
- Risyahadi, S. T., Afrilia, H. and Irawan, S. (2022) 'Optimasi Formula Pakan Sapi Perah Dengan Linier Programming Untuk Minimasi Biaya Bahan Baku Di Koperasi Xyz Jawa Tengah', *Jurnal Ekonomi dan Bisnis*, 10(1), pp. 227–231. doi: 10.34308/eqien.v10i1.515.
- Rusydi, R., Hartami, P. and Khalil, M. (2017) 'Karakteristik nutrisi dan stabilitas pakan kombinasi ampel (ampas tahu dan pelet)', *Acta Aquatica*, 4(1), pp. 4–7. Available at:
<http://files/557/222580-karakteristik-nutrisi-dan-stabilitas-pak.pdf>.
- Sary, I. R. (2019) *Penyediaan Pakan Ikan Air Tawar, Direktorat Jendral Guru dan Tenaga Kependidikan Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan*. Edited by L. Lisnawati.
- Tell, Y. *et al.* (2023) 'Formulasi Pakan Ikan Mandiri Berbahan Baku Lokal Ramah Lingkungan', *Jurnal Inovasi Penelitian*, 3(9), pp. 7603–7610. Available at:
<https://medium.com/@arifwicaksanaa/pengertian-use-case-a7e576e1b6bf>.
- Tuziak, S. M., Rise, M. L. and Volkoff, H. (2014) 'An investigation of appetite-related peptide transcript expression in Atlantic cod (*Gadus morhua*) brain following a *Camelina sativa* meal-supplemented feeding trial', *Gene*, 550(2014), pp. 253–263. doi: 10.1016/j.gene.2014.08.039.
- Zulfahmi, I. and Humairani, R. (2018) 'Kondisi biometrik dan histologi usus ikan bandeng (*Chanos chanos FORSKALL*, 1755) yang diberi pakan berkomposisi tepung bangkil sawit', in *Prosiding seminar Nasional Biotik*, pp. 607–613. Available at:
<file:///C:/Users/USER/Downloads/4303-8980-1-SM.pdf>.

BAB 9

UJI KUALITAS PAKAN IKAN

Oleh Desi Rahmadani Siagian

9.1 Pendahuluan

Pakan buatan yang digunakan untuk induk, benih, dan larva ikan dapat diklasifikasikan berdasarkan bahan bakunya, yaitu bahan hewani, bahan nabati, dan bahan tambahan. Pakan berbahan baku hewani mengandung protein yang diperoleh dari hewan seperti ikan, krustasea, produk sampingan industri makanan laut, dan lain sebagainya. Bahan baku hewani ini mengandung asam amino esensial dan nutrisi lain yang penting bagi pertumbuhan dan reproduksi ikan. Di sisi lain, pakan berbahan baku nabati umumnya terdiri dari biji-bijian, kacang-kacangan, dan tumbuhan air. Bahan nabati merupakan sumber karbohidrat yang penting bagi ikan, serta menyediakan serat dan nutrisi penting lainnya. Selain itu, pakan buatan juga mengandung bahan tambahan seperti vitamin, mineral, pigmen, dan prebiotik/probiotik untuk meningkatkan kesehatan dan warna ikan (Kaushik *et al.*, 2010).

Terdapat beberapa bahan baku yang dapat digunakan untuk membuat pakan buatan. Untuk memilih bahan baku yang tepat, diperlukan pertimbangan beberapa persyaratan, baik dari segi ekonomi maupun teknis, yaitu:

1. Mudah diperoleh
2. Mudah diolah
3. Harganya relatif murah
4. Bukan merupakan makanan pokok manusia
5. Memanfaatkan limbah industri pertanian
6. Memiliki nilai gizi tinggi yang dapat dicerna oleh ikan
7. Tidak mengandung racun

8. Sesuai dengan kebiasaan makan ikan sehingga dapat meningkatkan selera makan dan daya cerna ikan.

Pengujian pakan harus dilakukan untuk menentukan kualitas pakan yang telah dibuat. Uji pakan terdiri dari tiga kategori yaitu secara pengujian secara fisik, kimiawi, dan biologis.

9.2 Pengujian Kualitas Pakan

9.2.1 Uji Fisik

Pegujian secara fisik lebih mudah dilakukan dan tidak membutuhkan biaya yang mahal. Uji fisik pada pakan ikan merupakan proses penting dalam industri pakan akuakultur untuk memastikan bahwa pakan yang disediakan memenuhi standar kualitas dan dapat mendukung pertumbuhan dan kesehatan ikan yang dipelihara. Uji fisik ini melibatkan berbagai parameter yang berkaitan dengan karakteristik fisik dari pakan, seperti kekerasan, stabilitas dalam air, kecepatan tenggelam, dan kadar kehalusan (Mujiman, 1985). Menurut Utomo (2015), tes fisik terdiri dari berbagai tingkatan, seperti:

1. Tingkat homogenitas

Tujuan dari uji ini adalah untuk menentukan tingkat keseragaman ukuran partikel dalam bahan penyusun pakan. Jika ukuran partikel bahan baku halus, seragam, dan homogen, maka pakan buatan tersebut memiliki kualitas yang tinggi. Untuk mengetahui tingkat homogenitas, dapat dilakukan pengujian dengan menyiapkan pakan sebanyak 5 gram, kemudian digerus sampai pecah lalu diayak. Tingkat homogenitas dihitung dengan persentasi pakan yang kurang dari 0,5 mm. Asmawi (1983) menyatakan bahwa asal bahan dan proses pengolahan bahan baku pakan menentukan karakteristik fisik partikel.

2. Tingkat kehalusan

Selain ukuran partikel, kadar kehalusan pakan juga sangat penting karena mutu fisik pakan, terutama pakan ikan, sebagian besar ditentukan oleh kehalusan bahannya.

Semakin halus bahannya, semakin stabil pakan di dalam air, sehingga tidak cepat rapuh atau pecah (Asmawi, 1983). Untuk menguji tingkat kehalusan pakan dapat dilakukan pengujian dengan menyiapkan pakan sebanyak 5 gram, lalu digerus sampai pecah, dan kemudian diayak menggunakan ayakan berukuran 0,5 mm hingga 0,063 mm. Tingkat homogenitas dihitung dari persentase pakan yang kurang dari 0,5 mm.

3. Tingkat kekerasan

Karakteristik fisik pakan buatan harus kompak dan kering sehingga ketika dimasukkan ke dalam air, pakan menjadi lunak tetapi tidak hancur. Pengujian tingkat kekerasan ini dapat dilakukan dengan membebani pakan yang akan diuji dengan suatu pemberat berbobot tertentu. Hal ini dapat dilakukan dengan berbagai macam pemberat sampai akhirnya pakan memiliki kekerasan yang cukup tinggi. Pakan yang memiliki kekerasan yang baik biasanya terbuat dari bahan baku yang cukup halus.

4. Stabilitas dalam air (*water stability*)

Mujiman (1985) menyatakan bahwa pakan ikan harus tetap berada di dalam air minimal sepuluh menit agar tidak hancur. Jika tidak, pakan akan hancur dalam air, lalu dapat mencemari air karena dapat meningkatkan konsentrasi amoniak dan membahayakan kelangsungan hidup ikan. Pengujian stabilitas pakan dapat dilakukan dengan cara merendam pakan di dalam air dingin. Ukuran daya tahan pakan adalah waktu yang diperlukan sampai pakan hancur. Semakin lama waktu yang diperlukan, semakin baik kualitas pakannya. Pakan ikan setidaknya harus bertahan selama 10 menit, sementara pakan udang seharusnya bertahan selama sekitar 24 jam.

5. Pengujian daya apung

Pengujian mutu fisik ini dapat dilakukan dengan menempatkan pakan ke dalam air dengan kedalaman 20 cm di dalam akuarium atau wadah air lainnya. Daya apung pakan ditentukan oleh lamanya waktu yang diperlukan

mulai saat pakan menyentuh permukaan air sampai tenggelam di dasar. Daya apung yang lebih lama menunjukkan kualitas pakan yang lebih baik. Pakan harus melayang selama setidaknya lima menit. Namun, pakan harus lebih cepat tenggelam ke dasar untuk jenis ikan catfish, ikan demersal (ikan perenang dasar), dan udang.

Secara keseluruhan, uji fisik pakan ikan adalah langkah penting dalam memastikan kualitas pakan yang diberikan kepada ikan. Dengan mengukur parameter-parameter fisik ini, pembudidaya ikan dapat memastikan bahwa pakan yang disediakan memenuhi persyaratan kualitas dan mendukung pertumbuhan optimal serta kesehatan ikan yang dipelihara.

9.2.2 Uji Kimiawi

Uji kimia pakan ikan merupakan suatu proses penting dalam industri akuakultur dan perikanan yang bertujuan untuk memastikan kualitas dan kesesuaian pakan yang diberikan kepada ikan. Uji ini melibatkan analisis komposisi kimia pakan, termasuk kandungan nutrisi, termasuk kadar air, protein, lemak, karbohidrat, serat, BETN dan abu menggunakan metode AOAC (2005).

1. Analisis Proksimat

Analisis nutrisi dilakukan untuk menghitung persentase nutrisi esensial melalui analisis kimia. Pengujian ini hanya dapat dilakukan di laboratorium. Uji kadar air untuk pakan kering sangat penting untuk dilakukan. Hal ini disebabkan apabila kadar air pada pakan terlalu tinggi, maka pakan akan cepat rusak dan mudah terkena jamur. Kadar air yang ideal untuk pakan adalah maksimal 10%. Kadar ini penting untuk diperhatikan karena pakan buatan yang telah diproduksi, biasanya tidak dikonsumsi langsung oleh ikan, tetapi disimpan selama beberapa saat sebelum dikonsumsi. Prinsip pengujian kadar air di laboratorium adalah pakan dipanaskan pada suhu 105–110 derajat Celcius, dan air akan menguap sebagai hasilnya. Uji kadar air dilakukan menggunakan oven (Kordi, 2009). Selain itu, serat kasar pada pakan yang

baik adalah tidak lebih dari 5%. Kadar protein, lemak, dan karbohidrat pada pakan dapat bervariasi tergantung pada spesies dan umur ikan. Secara umum, pakan buatan yang baik harus mengandung protein lebih dari 25%, lemak kurang dari 8%, dan karbohidrat 12% dengan serat kasar 5-8%.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kadar lemak pakan buatan harus kurang dari 8%. Hal ini disebabkan apabila kadar lemak yang terlalu tinggi akan dapat mempercepat proses ketengikan pakan. Prinsip pengujian kadar lemak adalah bahwa lemak kasar adalah lemak yang akan larut dalam petroleum eter.

2. Analisis nutrisi

Analisis nutrisi adalah jenis analisis yang dilakukan dengan menggunakan analisis kimia untuk mengetahui persentase nutrisi esensial. Asam amino, asam lemak, mineral, dan vitamin adalah contoh komponen nutrisi yang diuji. Metode pengukuran termasuk kromatografi cair berlapis tipis (TLC), kromatografi cair gas (GLC), dan kromatografi cair berkualitas tinggi (TLC).

3. Pengujian kimia

Dilakukan untuk mengevaluasi kualitas bahan baku pakan, seperti mengukur kualitas protein berdasarkan kemampuan cerna (kemudahan cerna oleh protease); kualitas lemak berdasarkan ketengikan hidrolitik dan oksidatif; berdasarkan kandungan antinutrisi, seperti gossypol dan glucosinolates; dan asam fitat.

4. Skor kimia

Salah satu pemeriksaan yang bertujuan untuk membandingkan kandungan asam amino protein bahan baku pakan dengan protein telur. Jika bahan baku pakan memiliki jenis dan jumlah asam amino yang sama dengan protein telur, maka bahan baku tersebut memiliki kualitas yang lebih baik.

$$\text{Skor Kimia} = \frac{\text{Aa dalam protein bahan baku pakan (g)}}{\text{Aa dalam protein telur (g)}} \times 100$$

5. *Indispensable amino acids index (IAAI)*

Metode penentuan indeks asam amino penting untuk menghitung kualitas bahan baku pakan berdasarkan rasio antara asam amino essensial bahan baku dan asam amino essensial putih telur. Jika dibandingkan dengan skor kimia, pengujian IAAI lebih kompleks, tetapi hasilnya lebih akurat.

Secara keseluruhan, uji kimia pakan ikan merupakan langkah kritis dalam memastikan pakan yang berkualitas tinggi, aman, dan sesuai dengan kebutuhan nutrisi ikan. Dengan mengandalkan hasil uji ini, pembudidaya dan produsen pakan dapat merancang program pemberian pakan yang optimal, mendukung pertumbuhan yang optimal, serta menjaga kelestarian lingkungan akuatik.

9.2.3 Uji Biologis

Mutu biologis sangat penting untuk melihat nilai konversi pakan, dan mutu biologis dimaksudkan untuk mengetahui sampai seberapa jauh pakan dengan kandungan gizi yang tinggi belum tentu berpengaruh baik terhadap pertumbuhan. Sebenarnya, angka ini tidak dapat diandalkan karena selain kualitas, ada banyak faktor lain yang memengaruhinya, seperti jenis ikan, ukuran, kepadatan, dan kualitas air.

Pada hakikatnya, pertumbuhan ikan dipengaruhi oleh kualitas pakan atau pelet. Pertumbuhan, menurut Effendi (1997), adalah perubahan dimensi sel organ dan makhluk hidup yang menyebabkan pertambahan berat badan atau panjang selama periode waktu tertentu. Tujuan dari uji biologi adalah untuk menentukan seberapa besar pengaruh pellet terhadap pertumbuhan. Sejumlah ikan yang dipelihara dalam kolam diberi pakan ikan atau pellet yang diuji. Untuk digunakan sebagai data untuk perhitungan FCR, ikan harus ditimbang sebelum dibagi dan pelletnya juga harus ditimbang sebelum diberikan kepada ikannya. Kualitas pellet yang lebih baik menunjukkan nilai FCR yang lebih rendah.

Nilai Konversi Pakan, atau FCR, adalah aspek biologis yang sangat penting. Nilai ini sebenarnya tidak dapat diandalkan karena dipengaruhi oleh banyak faktor, termasuk kualitas pakan dan jenis, ukuran, dan kualitas air ikan. Namun, semakin kecil nilai konversi pakan, semakin baik kualitas pakan, karena lebih ekonomis. Untuk mengetahui konversi pakan, berbagai jenis percobaan harus dilakukan di lapangan:

1. Laju Pertumbuhan (berat dan panjang)

Beberapa faktor memengaruhi pertumbuhan; faktor dalam termasuk sifat keturunan, ketahanan terhadap penyakit, dan kemampuan memanfaatkan makanan; faktor luar termasuk sifat perairan fisika, kimia, dan biologi. Dua faktor luar utama yang dapat mempengaruhi pertumbuhan ikan adalah makanan dan suhu perairan. Jika ikan memakan lebih banyak makanan daripada yang diperlukan untuk memelihara tubuhnya, mereka dapat tumbuh (Arofah, 1991). Pada ikan, pertumbuhan didefinisikan sebagai perubahan berat atau panjang dalam waktu tertentu. Ini adalah proses biologis yang dipengaruhi oleh banyak faktor internal dan eksternal.

2. Kelangsungan Hidup

Tingkat kelangsungan hidup (SR) ikan adalah presentase jumlah ikan yang masih hidup pada suatu titik waktu dibandingkan dengan jumlah ikan yang ada pada awal pemeliharaan.

3. *Feed Conversion Ratio* (FCR)

Pada budidaya ikan, rasio jumlah pakan yang dibutuhkan untuk menghasilkan 1 kg daging ikan disebut FCR (*Feed Conversion Ratio*). FCR juga sering digunakan untuk mengetahui kualitas pakan yang diberikan kepada pertumbuhan ikan. Jumlah pakan yang digunakan selama pemeliharaan dapat dihitung dengan menggunakan rumus yang dibuat oleh Effendie (1997), yaitu:

$$FCR = \frac{F}{(Wt+D)-W0}$$

Keterangan :

F = total pakan yang digunakan

Wt = berat total akhir pemeliharaan

Wo = berat total awal pemeliharaan

D = berat total ikan mati

4. Efisiensi Pakan

Jenis dan jumlah pakan yang diberikan spesies, ukuran ikan, dan kualitas air adalah faktor-faktor yang memengaruhi efisiensi pakan ikan. Efisiensi pakan adalah perbandingan antara pertambahan bobot ikan dibandingkan dengan jumlah pakan yang habis selama periode pemeliharaan tertentu. Seperti FCR, efisiensi pakan dinyatakan dalam persen dan menunjukkan kualitas pakan yang lebih tinggi.

5. Koefisien pencernaan

Nilai pencernaan dikenal 2 macam, yaitu pencernaan total/semu (*apparent digestibility*) dan pencernaan murni (*true digestibility*).

- Kecernaan total/semu (*apparent digestibility*), yaitu semua komponen dalam feses dianggap berasal dari makanan yang dikonsumsi. Kecernaan ini adalah cara pengukuran dengan metode langsung.

$$DA = \frac{I-F}{I} \times 100$$

Dimana:

DA = pencernaan total/semu (%)

W0 = jumlah pakan yang dikonsumsi yang dapat dinyatakan dalam gram nutrisi atau dalam satuan energi

F = jumlah feses yang dihasilkan setelah ikan mengkonsumsi pakan sebesar I

- Kecernaan murni (*true digestibility*), yaitu hanya komponen feses yang berasal darimakanan yang diperhitungkan, sedangkan komponen feses yang bersifat endigen (berasal dari tubuh ikan itu sendiri) tidak diikuti sertakan dalam perhitungan. Cara ini sangat sulit dilakukan.

$$DT = \frac{I - (F - FE)}{I} \times 100$$

Dimana:

DA = kecernaan murni (%)
 W0 = jumlah pakan yang dikonsumsi
 F = jumlah feses yang dihasilkan
 FE = jumlah komponen feses yang bersifat endogen (dapat berasal dari bakteri, enzim, mukus dan lain-lain).

6. *Carcas deposition* (CD)

Carcas deposition adalah penentuan jumlah pakan yang telah diserap oleh tubuh ikan.

$$CD = \frac{\text{kandungan nutrisi karkas akhir} - \text{kandungan nutrisi karkas awal}}{\text{nutrien pakan selama penelitian}}$$

7. Nilai biologis

Nilai biologi didasarkan pada jumlah nitrogen yang dibuang oleh tubuh. Pakan yang tidak dicerna dengan baik menyebabkan jumlah nitrogen yang diserap tubuh juga relatif lebih rendah, sehingga nilai biologisnya juga lebih rendah.

$$NB = \frac{N \text{ pakan} - (N \text{ feses} + N \text{ urin} + N \text{ insang})}{N \text{ pakan}}$$

8. *Net protein utilization* (NPU)

Penggunaan protein bersih (*net protein utilization*) adalah pertambahan protein dalam tubuh berdasarkan jumlah protein yang diserap oleh ikan.

$$\text{NPU} = \frac{\text{kandungan protein ikan akhir} - \text{kandungan protein ikan awal}}{\text{protein dalam pakan} \times \text{koefisien pencernaan protein}} \times 100\%$$

9. Evaluasi energi pakan

Tubuh dapat mengukur energi pakan dengan mengukur pertambahan bobot badan, laju konsumsi oksigen, atau aktivitas metabolisme. Pengujian pakan menggunakan energi yang tercerna sering digunakan untuk kelangsungan hidup dan meningkatkan biomassa tubuh. Tubuh menyerap lebih banyak energi pada pakan daripada energi yang terbuang.

DAFTAR PUSTAKA

- AOAC. 2005. Official Method of Analysis of the Association of Official Analytical Chemist. Benjamin Franklin Station. Washington, D.C, USA.
- Arofah, Y.H. 1991. Pengaruh Jumlah Pakan dan Frekuensi Pemberian Pakan yang Berbeda terhadap Pertumbuhan dan Kelangsungan Hidup Ikan Kakap Putih (*Latescalcalifer*). Skripsi. Fakultas Peternakan Universitas Diponegoro Semarang.
- Asmawi, S. 1983. Pemeliharaan Ikan dalam Karamba. PT. Gramedia. Jakarta.
- Effendi. 1997. *Metode biologi Perikanan*. Yayasan Dewi Sri. Bogor.
- Gatlin III, D. M., Barrows, F. T., Brown, P., Dabrowski, K., Gaylord, T. G., Hardy, R. W., ... & Wurtele, E. (2007). Expanding the utilization of sustainable plant products in aquafeeds: a review. *Aquaculture Research*, 38(6), 551-579.
- Hasan, M. R., & New, M. B. (2010). A review of the primary processes of digestion and absorption in sturgeon, with particular reference to the physiology of the alimentary canal. *Reviews in Aquaculture*, 2(2), 57-73.
- Kaushik, S. J., & Seiliez, I. (2010). Protein and amino acid nutrition and metabolism in fish: current knowledge and future needs. *Aquaculture Research*, 41(3), 322-332.
- Kordi, M. 2009. *Budidaya Perairan*. PT. Citra Aditya bakti. Bandung.
- Mujiman. 1985. *Makanan Ikan*. Penebar Swadaya. Jakarta.
- Utomo, N. B. 2015. *Teknik Pembuatan Pakan Ikan Skala Rakyat (Small Scale Fish Feed Manufacturing)*. Jakarta: Seameo Biotrop.

BAB 10

TIPE PAKAN DAN PENGGUNAANNYA

Oleh Asep Akmal Aonullah

10.1 Pendahuluan

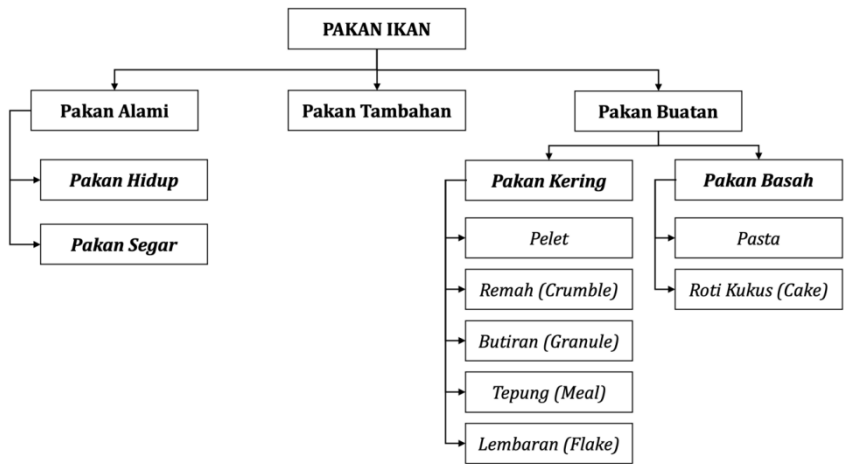
Seiring dengan perkembangan industri budidaya yang semakin maju dan modern, kebutuhan terhadap pakan ikan juga terus meningkat tiap tahunnya. Hal tersebut tentu saja menjadi sebuah tantangan tersendiri tidak hanya dalam upaya pemenuhan kebutuhan pakan tetapi juga yang tidak kalah penting adalah pemenuhan kebutuhan nutrisi yang optimal bagi ikan budidaya. Pakan merupakan faktor penting dalam upaya mendukung pertumbuhan dan perkembangan ikan. Namun demikian, pengetahuan mengenai pakan terutama dalam kaitannya dengan tipe pakan, bentuk pakan serta penggunaannya merupakan faktor kunci. Tipe pakan harus dipastikan sesuai dengan penggunaannya, baik dari jenis, ukuran maupun bentuknya. Hal ini tentu berkaitan erat dengan tingkah laku dan kebiasaan makan ikan, dimana masing-masing ikan memiliki preferensi tertentu atas pakan dan kebiasaan makannya sehingga penggunaan pakan dapat lebih optimal dan efisien.

10.2 Jenis - Jenis Pakan

Jenis pakan merupakan salah satu aspek yang perlu dipertimbangkan dalam budidaya ikan. Pakan memegang peranan penting dalam hal efisiensi *unit cost* produksi maupun hasil produksi. Pakan yang baik selain harus memenuhi kebutuhan nutrisi dari ikan tetapi juga perlu memperhatikan fisiologi, fase pertumbuhan serta spesies ikan yang dibudidayakan. Selain mampu memenuhi kebutuhan nutrisi ikan,

pakan juga harus dipastikan ketersediaanya baik kualitas maupun kuantitasnya. Dalam konsep budidaya ikan, penentuan penggunaan pakan umumnya memperhatikan dari tingkat teknologi yang digunakan. Pada budidaya ikan secara intensif penggunaan pakan buatan sebagai pakan utama mutlak dilakukan, mengingat tingkat teknologi serta aplikasi kepadatan yang tinggi mengharuskan kecukupan pakan baik secara kualitas nutrisi maupun kuantitasnya harus selalu tercukupi. Berbeda halnya dengan budidaya sistem tradisional ataupun semi intensif, dimana kepadatan serta teknologi tidak terlalu tinggi penggunaan pakan alami masih sangat memungkinkan untuk dapat mencukupi kebutuhan nutrisi ikan budidaya.

Pakan ikan dapat dibagi berdasarkan jenisnya yaitu pakan alami dan pakan buatan. Pakan alami merupakan jenis pakan yang berasal dari alam baik dalam bentuk pakan hidup maupun pakan segar. Pakan alami utamanya digunakan dalam menunjang pertumbuhan dan perkembangan pada fase awal kehidupan ikan karena memiliki kandungan nutrisi yang cukup lengkap serta mudah dicerna. Pakan buatan merupakan pakan yang dibuat dari berbagai bahan dengan formulasi tertentu yang didasarkan pada kebutuhan nutrisi dan pemenuhan gizi ikan yang dibudidayakan. Sedangkan apabila dilihat dari fungsinya, pakan dapat dibagi menjadi dua kategori yaitu pakan utama (pokok) dan pakan tambahan. Pakan disebut sebagai kategori utama (pokok) apabila sebagian besar sumber energi yang diperlukan diperoleh dari suatu sumber tertentu saja. Sedangkan pakan tambahan difungsikan sebagai pelengkap ataupun pendamping dari pakan utama.



Gambar 10.1 Jenis-jenis dan Tipe Pakan Ikan

Penggunaan pakan alami dan pakan buatan dalam budidaya ikan tidak terlepas dari beberapa pertimbangan, selain teknologi budidaya yang digunakan, kepadatan ikan, juga kemudahan dalam hal memperoleh pakan itu sendiri. Di antara jenis pakan tersebut, keduanya memiliki beberapa kelebihan dan kekurangan, kelebihan yang dimiliki oleh pakan alami dibandingkan dengan buatan, antara lain adalah:

- 1) Secara harga, pakan alami relatif lebih murah apabila dibandingkan pakan buatan;
- 2) Pakan alami lebih mudah untuk dicerna, memiliki kecukupan nilai gizi pakan yang lengkap, sesuai dengan morfologi dan sistem pencernaan pada ikan;
- 3) Tingkat cemaran terhadap air budidaya akan lebih rendah dikarenakan penggunaan pakan alami tidak menyebabkan penurunan kualitas air pada wadah budidaya ikan.

Adapun kelebihan yang dimiliki oleh pakan buatan jika dibandingkan dengan pakan alami, diantaranya adalah:

- 1) Kandungan nutrisi pakan buatan lebih kompleks dalam menunjang kebutuhan ikan;

- 2) Pakan buatan lebih mudah dalam hal penanganan dan penyiapannya, dikarenakan tidak memerlukan perlakuan kultur dan pemeliharaan;
- 3) Kualitas dan kontinuitas dari pakan buatan lebih terjamin apabila dibandingkan dengan pakan buatan;
- 4) Dapat tersedia kapan saja tanpa dibatasi oleh waktu, cuaca maupun musim.
- 5) Pakan buatan memiliki kemudahan dalam aplikasinya serta memiliki kandungan yang dapat disesuaikan berdasarkan kebutuhan nutrient ikan, fase pertumbuhan ikan, ukuran serta jenis dan spesies ikan sehingga dapat optimal memberikan kebutuhan ikan dalam hal pertumbuhan.

10.3 Penggunaan Pakan Ikan

Penggunaan pakan ikan utamanya berfungsi sebagai sumber energi untuk mendukung pertumbuhan dan perkembangan ikan budidaya. Namun demikian, tidak hanya sebagai sumber energi, penggunaan pakan juga dapat dimanfaatkan untuk berbagai fungsi penting lainnya guna memperoleh pertumbuhan ikan yang optimal.

1. Pakan Untuk Pengobatan

Pakan yang baik dengan formulasi yang tepat dapat membantu proses pembentukan sistem kekebalan tubuh pada ikan. Sistem kekebalan tubuh atau imunitas yang terbentuk pada ikan akan menjaga serta memberikan kekebalan terhadap serangan penyakit. Mekanisme kekebalan tubuh yang terbentuk tidak lepas dari sistem hormonal di dalam tubuh ikan yang salah satunya dipengaruhi oleh kualitas pakan yang diberikan. Aplikasi pakan kaitannya dengan pengobatan telah banyak dilakukan baik secara langsung diformulasikan kedalam pakan maupun berupa campuran pada pakan buatan. Penambahan imunostimulan baik senyawa kimia, obat ataupun bahan-bahan lainnya yang dapat meningkatkan mekanisme respons imun pada ikan. Penambahan vitamin, maupun bahan herbal

seperti contohnya pada bawang putih (*Alium sativum*), jahe (*Zingiber officinale*) dan daun jeruju (*Acanthus illicifolius*) mampu meningkatkan repsons imun non-spesifik pada ikan.

2. Pakan Sebagai Pembentuk Warna Tubuh

Fungsi pakan sebagai pembentuk warna atau pigmen sebagian besar dimanfaatkan pada jenis-jenis ikan hias. Fungsi pakan tersebut umumnya digunakan untuk memperbaiki atau menambah kecerahan warna pada ikan. Warna merupakan unsur penting dalam kriteria ikan hias. Kualitas warna pada ikan dapat dipertahankan maupun ditingkatkan intensitasnya melalui penambahan pigmen atau penghasil warna dalam pakan untuk pigmentasi kulit, sirip maupun sisik. Terdapat pigmen yang tidak dapat disediakan oleh tubuh ikan sehingga perlu adanya penambahan melalui pakan. Pigmen tersebut adalah karotenoid yang memiliki peran utamanya untuk meningkatkan kualitas warna kuning hingga merah. Peningkatan kualitas warna tersebut dihasilkan melalui senyawa yang sering digunakan sebagai sumber pigmen warna pada ikan salah satunya adalah *Astaxanthin*. *Astaxanthin* adalah karotenoid yang banyak digunakan dalam campuran pakan untuk warna ikan, karena merupakan warna dasar yang dalam prosesnya akan dideposit sebagai pigmen warna merah yang umumnya dominan pada ikan-ikan air tawar.

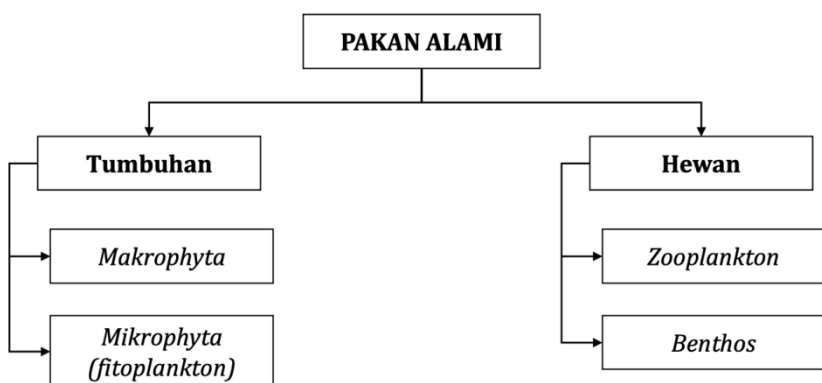
3. Pakan Untuk Mempercepat Reproduksi

Sistem endokrin dan sistem hormon pada ikan salah satunya dipengaruhi oleh pakan yang diberikan. Pemberian pakan yang berkualitas mampu mengoptimalkan kinerja organ tubuh termasuk di dalamnya sistem endokrin untuk proses reproduksi melalui pematangan gonad ikan. Perkembangan gonad dan fekunditas pada ikan sangat dipengaruhi oleh nutrisi yang diberikan pada induk untuk memperoleh mutu benih yang baik. Peningkatan mutu pakan pada induk kaitannya dengan reproduksi dapat dilakukan

dengan berbagai cara diantaranya adalah pemberian pakan induk yang mengandung level protein dan lemak yang tepat, suplementasi pakan dengan Vitamin E, Vitamin C, serta mineral sebagai bahan pembentuk vitelogenin.

10.4 Tipe Pakan Alami dan Penggunaannya

Ketersediaan pakan alami merupakan unsur yang penting dalam tahap awal budidaya ikan, utamanya untuk usaha pembenihan dan usaha ikan hias. Pakan alami biasanya digunakan dalam memenuhi kebutuhan nutrisi pada benih ikan dimana bukaan mulut yang masih kecil serta sistem pencernaan yang belum sepenuhnya sempurna menjadikan pakan alami menjadi pilihan utama. Berdasarkan cara perolehannya pakan alami dapat dibedakan menjadi dua yaitu pakan hidup dan pakan segar. Pakan hidup merupakan pakan alami yang masih dalam keadaan hidup ketika diberikan pada ikan. Sedangkan pada segar merupakan pakan dalam bentuk segar ketika diberikan pada ikan (pembekuan dalam *freezer*) dan bentuk asli dari pakan tersebut masih sama seperti pada kondisi masih hidup. Pakan alami dalam bentuk segar juga dapat berasal dari jenis tanaman air (*macrophyta*) maupun tumbuhan lain yang umum digunakan sebagai pakan alami bagi ikan jenis herbivora. Namun demikian, secara umum pakan alami yang biasa digunakan dalam budidaya ikan meliputi fitoplankton, zooplankton dan benthos.



Gambar 10.2 Pengelompokan Pakan Alami

Penggunaan pakan alami untuk benih ikan/udang maupun ikan hias baik air tawar dan air laut tidak terlepas dari beberapa pertimbangan diantaranya adalah:

- a. Memiliki kandungan nutrisi tinggi dan sesuai bagi tahap awal perkembangan larva ikan;
- b. Memiliki tingkat reproduksi serta toleransi terhadap lingkungan yang tinggi sehingga dapat dibudidayakan secara intensif untuk pemenuhan kebutuhan pakan alami;
- c. Memiliki ukuran tubuh yang kecil sehingga sangat sesuai bagi bukaan mulut larva maupun Sebagian besar ikan hias;
- d. Memiliki pergerakan yang rendah sehingga dapat menarik perhatian serta memudahkan larva untuk menangkap pakan;

1. Makrophyta

Pakan alami makrophyta (makro alga) atau biasa juga disebut dengan tanaman air umumnya digunakan bagi ikan dengan jenis herbivora. Berdasarkan pola hidupnya pakan alami jenis tumbuhan air ini terbagi menjadi tiga tipe. Pertama adalah tipe tumbuhan dalam air, yaitu jenis tumbuhan air dimana mulai dari bagian akar sampai dengan ujung tangkai serta daunnya sepenuhnya ada di dalam air. Kedua adalah tipe tumbuhan mengapung, yaitu jenis tumbuhan air dimana hidupnya mengapung diatas permukaan air dan hanya bagian akarnya saja yang berada di dalam air. Ketiga adalah tipe tumbuhan lumpur, yaitu jenis tumbuhan air dimana memerlukan media lumpur untuk dapat tumbuh optimal.

Tabel 10.1 Tipe Pakan Alami Tumbuhan Air (Makrophyta)

No	Tipe Tumbuh	Jenis Tanaman Air	
1	Tumbuh dalam air	<i>Hydrilla verticillata</i>	 (Sumber: https://plants.ifas.ufl.edu/plant-directory/hydrilla-verticillata/)
2	Tumbuh mengapung	Eceng gondok (<i>Eichhornia crassipes</i>)	 (Sumber: https://plants.ifas.ufl.edu/plant-directory/eichhornia-crassipes/)
		Lemna (<i>Lemna</i> sp.)	 (Sumber: https://plants.ifas.ufl.edu/plant-directory/lemna-valdiviana/)
3	Tumbuhan lumpur	Melati air (<i>Echinoderus</i> sp.)	

No	Tipe Tumbuh	Jenis Tanaman Air	
			(Sumber: https://plants.ifas.ufl.edu/plant-directory/echinodorus-cordifolius/)
		Talas (<i>Colocasia esculenta</i>)	 (Sumber: https://plants.ifas.ufl.edu/plant-directory/colocasia-esculenta/)
		Kangkung (<i>Ipomoea aquatica</i>)	 (Sumber: https://plants.ifas.ufl.edu/plant-directory/ipomoea-aquatica/)

2. Mikrophyta (Fitoplankton)

Fitoplankton merupakan organisme air yang dalam hidupnya melayang-layang mengikuti pergerakan air. Fitoplankton termasuk kedalam jasad nabati atau tumbuhan yang hidupnya melayang-layang di permukaan air. Fitoplankton biasanya dijumpai pada permukaan perairan,

karena sifat hidupnya yang memerlukan matahari untuk proses fotosintesis. Proses fotosintesis menjadi penting bagi fitoplankton kaitannya dengan proses penyiapan/sintesa makanannya sendiri berupa bahan organik yang berasal dari bahan anorganik. Jenis fitoplankton yang diketahui untuk produksi budidaya umumnya terdiri dari dua kelompok besar yaitu diatom dan dinoflagellata. Diatom secara bentuk sangat mudah dibedakan dibandingkan dengan dinoflagellata. Diatom memiliki kenampakan bentuk kotak ataupun oval yang unik dan tidak memiliki alat gerak, sedangkan dinoflagellata memiliki ciri khas yaitu adanya sepasang *flagella* sebagai alat gerak.

Fitoplankton umumnya berukuran 2–200 µm serta memiliki warna khas tersendiri yang berasal dari zat warna atau pigmen yang dihasilkan. Pakan alami dalam bentuk fitoplankton biasanya disebut juga sebagai mikro alga, yaitu alga yang memiliki ukuran kecil. Beberapa jenis fitoplankton yang telah dibudidayakan serta digunakan sebagai pakan alami pada ikan, udang maupun ikan hias umumnya berasal dari tiga kelas utama yaitu *Chlorophyceae* (Alga hijau) diantaranya adalah *Chlorella* sp dan *Tetraselmis* sp; *Bacillariophyceae* (Alga coklat) diantaranya adalah *Chaetoceros* sp dan *Skeletonema* sp; serta *Cyanophyceae* (Alga hijau kebiruan) yaitu *Spirulina* sp.

Tabel 10.2 Penggunaan Jenis Fitoplankton dalam Budidaya Ikan

No	Komoditas	Jenis Fitoplankton
1	Benih Ikan, Udang dan Kekerangan	- <i>Chaetoceros</i> sp - <i>Skeletonema</i> sp - <i>Isochrysis</i> sp - <i>Nannochoropsis</i> sp - <i>Spirulina</i> sp
2	Oyster	- <i>Isochrisis galbana</i> - <i>Pyramimonas grosii</i> - <i>Dunaliella tertiolecta</i> - <i>Chlorella stigmatophora</i> - <i>Tetraselmis suesica</i> - <i>Dicrateria inornate</i>

No	Komoditas	Jenis Fitoplankton
		- <i>Micromonas pusilla</i> - <i>Phaeodactylum tricornutum</i>
3	Abalone, tiram, teripang	- <i>Isochrysis</i> sp - <i>Chaetoceros</i> sp - <i>Phaeodactylum</i> sp

3. Zooplankton

Zooplankton biasa disebut juga sebagai plankton hewani, yaitu jenis hewan yang hidup melayang atau mengapung di perairan. Zooplankton dalam hidupnya memanfaatkan fitoplankton sebagai makanannya. Sebagaimana fitoplankton, penggunaan zooplankton dalam budidaya ikan juga sudah umum dan telah dapat dilakukan kultur secara massal. Jenis zooplankton yang biasa digunakan sebagai pakan alami pada larva ikan, udang maupun ikan hias diantaranya adalah:

- 1) Rotifera, yaitu *Brachionus* sp
- 2) Brachiopoda, yaitu *Artemia salina*
- 3) Cladocera, yaitu *Moina* sp., dan *Daphnia* sp
- 4) Infusoria, yaitu *Paramecium* sp

4. Benthos

Jenis pakan alami yang umum digunakan dalam budidaya ikan baik benih ikan, udang maupun ikan hias lainnya adalah benthos. Benthos merupakan organisme air yang hidup dan menetap di dasar perairan ataupun di dasar endapan. Sumber pakan utama benthos adalah alga dan organik limpahan dari tanah. Jenis benthos yang sering dimanfaatkan sebagai pakan dan mudah untuk di budidayakan diantaranya adalah cacing rambut (*Tubifex* sp) atau biasa disebut juga dengan cacing sutera dan larva *Chironomus* sp atau dikenal dengan cacing darah (*bloodworm*).

10.5 Tipe Pakan Buatan dan Penggunaannya

Pakan buatan memiliki peranan penting dalam budidaya ikan terutama pada budidaya skala intensif. Penggunaan pakan buatan selain untuk memenuhi kecukupan nutrisi ikan baik secara kualitas maupun kuantitas tetapi juga perlu mempertimbangkan aspek lain seperti tipe, bentuk, ukuran serta jenis yang akan digunakan. Hal ini berkaitan dengan kelemahan yang ada pada pakan buatan, yaitu apabila pakan buatan yang diberikan tidak sesuai maka akan menurunkan respons makan ikan sehingga akan memberikan dampak buruk baik pada pertumbuhan ikan maupun pada lingkungan perairan yaitu penumpukan limbah pakan di dasar air.

Pakan buatan merupakan makanan ikan yang dibuat dan diformulasikan dari berbagai macam campuran bahan yang selanjutnya dilakuka proses pengolahan dan dibuat dalam bentuk serta tipe tertentu sehingga dapat mudah untuk dimakan oleh ikan. Dalam proses formulasi dan pembentukan pakan, berbagai hal perlu dipertimbangkan selain dari kecukupan nutrisi ikan tetapi juga kesesuaian bentuk dan tipe pakan tersebut. Semakin lengkap variasi bahan baku serta kesesuaian dengan preferensi ikan terhadap pakan buatan baik dari aspek tipe, bentuk maupun peruntukan bagi berbagai spesies ikan makan asupan energi pakan yang dimanfaatkan untuk pertumbuhan dan perkembangan akan semakin optimal.

Pakan buatan dilihat dari tingkat kebutuhannya dapat dibagi menjadi tiga kelompok, diantaranya adalah:

- 1) Pakan tambahan, yaitu pemberian pakan buatan yang ditujukan sebagai pakan tambahan dari pakan alami yang telah tersedia pada media hidup ikan;
- 2) Pakan suplemen, yaitu pakan buatan yang secara sengaja dibuat dengan tujuan untuk menambah atau melengkapi nutrisi tertentu yang tidak tersedia secara alamiah di alam;
- 3) Pakan utama, yaitu pakan buatan yang dibuat dan diformulasikan secara khusus sebagai pengganti sepenuhnya pakan alami, sehingga sifatnya sebagai pakan utama dalam proses budidaya.

Penggunaan pakan buatan dalam kegiatan budidaya juga tentunya perlu memperhatikan kesesuaian terhadap fase perkembangan ikan. Perbedaan fase perkembangan ikan mulai dari benih, pembesaran dan indukan tentu juga memiliki perbedaan atas kebutuhan nutrisinya. Perbedaan kebutuhan nutrisi ini menjadi dasar pertimbangan dalam pembuatan dan formulasi bahan pakan buatan berkaitan dengan efektifitas penyerapan energi yang berasal dari pakan untuk mendukung pertumbuhan dan perkembangan ikan.

Tabel 10.3 Kebutuhan Nutrisi Berdasarkan Fase Pertumbuhan Ikan

Jenis Nutrient	Kebutuhan (%)		
	Benih	Pembesaran	Indukan
Protein	35 – 48	25 – 34	35 – 39
Lemak	5 – 20	12 – 18	15 – 20
Karbohidrat	3 – 10	10 – 13	3 – 10
Serat	4 – 6	4 – 8	4 – 8

Selain mengetahui bahan penyusun dalam formulasi pakan buatan, pengetahuan mengenai kesesuaian jenis, bentuk dan tipe pakan buatan juga penting kaitannya dalam meningkatkan respons ikan terhadap pakan. Beberapa jenis pakan ikan dibuat berdasarkan tipe dan cara penggunaannya mulai dari bentuk pasta, tepung, bubuk, pellet tenggelam, pellet mengapung dan lainnya. Pengelompokan pakan berdasarkan tipe penggunaan dan bentuknya diantaranya adalah sebagai berikut:

a. Pakan Bentuk Larutan

Pakan bentuk larutan terdiri dari dua macam bentuk yaitu 1). Emulsi, dimana bahan terlarut menyatu dengan air pelarutnya; 2). Suspensi, dimana bahan terlarut tidak menyatu dengan air pelarutnya. Pakan buatan jenis ini digunakan untuk larva ikan (umur 2–20 hari) dimana bukaan mulut serta organ pencernaan belum sepenuhnya berkembang. Jenis pakan ini biasanya diformulasikan dengan level protein tinggi dilengkapi dengan suplementasi

baik vitamin maupun mineral untuk mendukung kebutuhan nutrisi di fase awal pertumbuhan ikan.

b. Pakan Bentuk Tepung (*Meals*)

Pakan bentuk tepung biadanya digunakan sebagai pakan larva sampai dengan benih ikan (2–40 hari) yang belum bisa memakan pakan dengan bentuk butiran. Pakan jenis ini biasanya difungsikan sebagai pakan tambahan yang dalam aplikasinya dibuat dalam bentuk pasta/larutan supaya lebih solid dan tidak mudah hancur sehingga dapat mencemari air media pemeliharaan. Pakan ini dibuat dari remah yang dihancurkan hingga berbentuk tepung dengan ukuran tertentu sehingga dapat dengan mudah dikonsumsi oleh benih ikan.

c. Pakan Bentuk Butiran (*Granule*)

Pakan buatan berbentuk butiran atau *granule* adalah pakan yang paling umum digunakan dalam kegiatan budidaya ikan. Pada dasarnya pakan bentuk butiran ini hampir sama dengan pakan berbentuk tepung, hanya saja yang membedakan adalah ukuran dari pakannya yang cenderung lebih besar. Pakan dengan bentuk butiran ini biasanya digunakan pada berbagai jenis ikan mulai dari usia remaja hingga ikan yang sudah dewasa. Penggunaan pakan jenis ini biasanya dapat digunakan secara langsung dengan disebar maupun dibuat dalam bentuk pasta.

d. Pakan Bentuk Remahan

Pakan remahan umumnya dibuat dari pakan butiran atau pellet yang kemudian dihancurkan. Pakan remahan ini merupakan pakan perantara yang diberikan pada benih sebelum masuk kedalam pakan pellet. Pakan jenis ini biasanya diberikan kepada ikan yang sudah remaja (gelondongan) maupun menjelang dewasa namun ukurannya masih relatif kecil.

e. Pakan Bentuk Lembaran (*Flake*)

Pakan lembaran atau biasa disebut *flake* dibuat melalui proses *flaking* atau pemipihan untuk menghasilkan lembaran tipis. Jenis pakan ini biasa digunakan pada jenis ikan hias maupun ikan laut sesuai dengan kebutuhan dan cara makan jenis ikan tersebut.

f. Pakan Bentuk Pellet Tenggelam (*Sinking*)

Pakan jenis ini umumnya diberikan pada ikan yang memiliki pola tingkah laku hidup di dalam kolom air. Pakan dengan tipe tenggelam akan memudahkan ikan tersebut untuk menemukan dan memakan pakan tersebut. Pakan ini biasanya digunakan pada tahap pembesaran baik pada ikan air tawar maupun air laut dengan ukuran yang relatif sedang hingga berusia dewasa atau hampir memasuki masa panen.

g. Pakan Bentuk Pellet Terapung

Pakan jenis ini prinsipnya hampir sama dengan pakan tenggelam yaitu digunakan baik pada ikan air tawar maupun laut dengan ukuran relative sedang maupun ikan dewasa. Tipe pakan ini digunakan pada ikan yang meiliki tingkah laku berenang di permukaan sehingga dengan bentuknya yang mengapung dapat memudahkan *intake* pakan oleh ikan di permukaan air.

Dengan mengetahui jenis, tipe, bentuk dan variasi bahan-bahan penyusun pakan ikan maka para pembudidaya dapat menentukan jenis pakan dan penggunaannya dengan lebih baik. Hal ini sangat penting diakrenakan dengan pengetahuan tersebut para pembudidaya mampu untuk melakukan perencanaan produksi dengan lebih baik sehingga hasil produksi dapat lebih optimal melalui efisiensi penggunaan pakan serta optimalisasi penyerapan energi pakan untuk mendukung pertumbuhan dan perkembangan ikan budidaya.

DAFTAR PUSTAKA

- Afrianto, E. & Liviawaty, E. 2005. *Pakan ikan : pembuatan, penyimpanan, pengujian, pengembangan*. Kanisius. Yogyakarta
- Akhdiana, I., Junior, M.Z., Haryani, G.S., Suprayudi, M.A. 2021. Kinerja Reproduksi Induk Ikan Bada *Rasbora argyrotaenia* (Bleeker, 1849) Melalui Pemberian Kombinasi Estradiol dan Spirulina dalam Pakan. LIMNOTEK Perairan Darat Tropis di Indonesia 2021 28(2): 59–69
- Ali, Fauzan. 2015. Modul Pelatihan Membuat Pakan Ikan dan Udang. LIPI Press. Jakarta
- Aonullah, A.A., Prayitno, S.B., Sarjito. 2013. Pengaruh Penggunaan Ekstrak Daun Jeruju (*Acanthus ilicifolius*) Terhadap Kelulushidupan Ikan Kerapu Macan (*Epinephelus fuscogutattus*) Yang Diinfeksi *Vibrio alginolyticus*. Journal of Aquaculture Management and Technology. Volume 2. Nomor 1.
- Yulianti, E.S., Maharani, H.E., Diantari R. 2014. Efektivitas Pemberian Astaxanthin Pada Peningkatan Kecerahan Warna Ikan Badut (*Amphiprion ocellaris*). e-Jurnal Rekayasa dan Teknologi Budidaya Perairan. Vol. III. No.1
- Fujaya, Yushinta. 2004. Fisiologi Ikan: Dasar Pengembangan Teknologi Perikanan. Bhuana Ilmu Populer, Jakarta
- Gusrina. 2008. Budidaya Ikan Jilid 2 untuk SMK. Jakarta. Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan
- Halver, J.E., & Hardy, R.W. 1990. Fish Nutrition, Third Edition. Academic Press. USA
- Handajani H & Widodo W. 2010. *Nutrisi Ikan*. Universitas Muhammadiyah Malang Press. Malang

- Kurniawan, R., Syawal, H., Effendi, I. 2020. Efektivitas Penambahan Suplemen Herbal Pada Pellet Terhadap Pertumbuhan Dan Kelulushidupan Ikan Patin (*Pangasius hypophthalmus*). *Jurnal Ruaya*. Volume 8. Nomor 1
- Lovell, T. 1989. Nutrition and Feeding of Fish. New York. Van Nostrand reinhold, 260 p.
- Subandiyono, & Hastuti, H. 2009. *Buku Ajar Nutrisi Ikan*. Semarang. Universitas Diponegoro.

BAB 11

PENANGANAN DAN PENYIMPANAN PAKAN

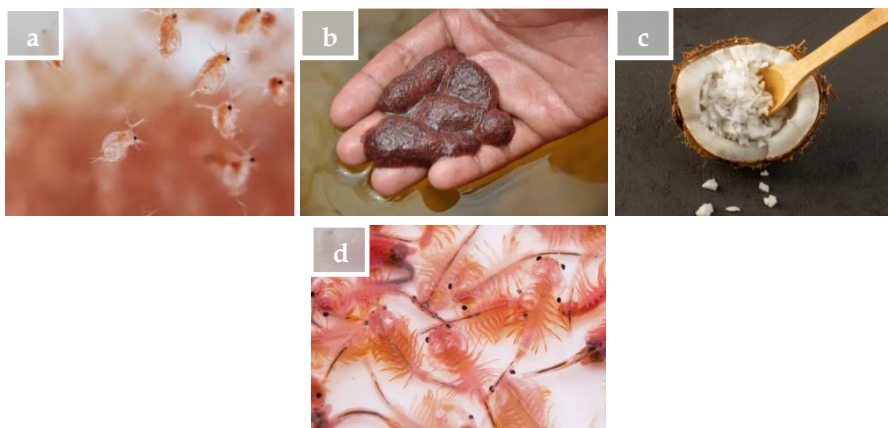
Oleh Rudiansyah

11.1 Pendahuluan

Pakan merupakan bahan makanan baik tunggal ataupun campuran, baik yang diolah ataupun tidak diolah yang diberikan pada hewan dengan tujuan kelangsungan hidup, bereproduksi dan berkembang biak (Undang-undang RI No 41, 2014). Melihat dari pernyataan tersebut maka tujuan dibuatnya pakan adalah untuk mempertahankan kelangsungan hidup dari binatang ternak (peternakan dan budidaya) dan juga untuk mendukung pertumbuhan dan perkembangbiakannya. Pakan juga terdiri dari pakan yang dicampur seperti pakan ikan yang sudah terdiri dari campuran beberapa bahan yang diolah menjadi pelet ikan dan pakan tunggal seperti daun keladi yang langsung diberikan tanpa diolah.

Pakan Ikan yang umumnya para pembudidaya sebut pelet merupakan bahan pakan yang dicampur dan diolah, yang sudah mengandung komposisi nutrisi tertentu, termasuk protein, karbohidrat, lemak, mineral dan vitamin, pakan ini disebut pakan komersil. berbentuk pelet merupakan salah satu faktor penentu keberhasilan budidaya ikan. Pakan komersil menjadi bahan utama dalam budidaya ikan, dan menjadi masalah utama yang dihadapi pembudidaya ikan (Rudiansyah et al., 2020). Permasalahan yang dihadapi adalah harga pakan yang akan mempengaruhi harga jual ikan, sehingga efisiensi pakan sangat diperlukan.

Pakan komersil saat ini sudah banyak ditambah dengan berbagai formula baru dengan tujuan mempercepat pertumbuhan dan mempertahankan kelangsungan hidup ikan, diantaranya dengan penambahan bahan spirulina pada pakan (Murtini et al., 2022). Pengayaan pakan komersil yang dilakukan pembudidaya dimaksudkan supaya pakan yang diberikan dapat mempercepat pertumbuhan dengan jumlah pakan yang seminimal mungkin dengan hasil sebanyak mungkin.



Gambar 11. 1 Pakan Alami, a : kutu air, b : cacing sutra, c : ampas kelapa, d : moina
(Sumber : Efishery, 2022)

Pakan alami berbeda dengan pakan komersil, pada umumnya pakan alami dapat dijumpai pada pendederan ikan, pakan ini termasuk pakan yang tidak diolah, diantaranya kutu air, cacing, plankto, fitoplankton, daun keladi, ampas kelapa (gambar 10.1) dan lain sebagainya. Pakan alami (pakan yang tidak diolah) memiliki kelemahan, yaitu harus dipelihara seperti hewan dan memiliki masa simpan yang pendek, contohnya cacing sutra, dibutuhkan *treatment* khusus dan bisa bertahan selama 2-3 hari pada kondisi yang tidak ideal, sementara dedaunan juga mengalami pembusukan dan layu setelah dipetik dari pohonnya. Kelemahan lainnya dari pakan alami adalah jumlahnya yang terbatas, sementara pakan alami lain seperti ikan rucah juga tersedia dalam jumlah sedikit dan kondisi yang tidak baik kualitasnya.



Gambar 11. 2 Pelet Ikan

(sumber : Efishery, 2022)

Pada bab kali ini kita akan membahas mengenai penanganan dan penyimpanan pakan komersil berupa pelet ikan (gambar 10.2), karena penggunaan pakan komersil ini sudah hampir merata pada setiap budidaya ikan. Penanganan dan penyimpanan yang tepat akan membuat nutrisi pada pakan tidak akan berkurang dan mengurangi pakan yang rusak akibat dari faktor kualitas pakan (kandungan nutrisi pada pakan), penanganan dan penyimpanan pakan.

11.2 Kualitas Pakan

Bahan pakan adalah bahan hasil pertanian, perikanan, peternakan atau bahan lain yang layak dipergunakan sebagai pakan, baik yang sudah melalui proses pengolahan maupun tidak melalui proses pengolahan (Undang-undang RI No 41, 2014). Pakan komersil menggunakan bahan baku utama berupa tepung ikan, sumber protein nabati seperti tepung kedelai, putih telur sebagai perekat serta multi vitamin mineral dan mineral. Pakan ikan mengandung nutrisi seperti protein, karbohidrat, dan lemak, dimana kandungan nutrisi ini juga akan mengundang bakteri dan jamur untuk bertumbuh, apalagi ditambah dengan kelembapan yang tinggi pada daerah beriklim tropis seperti di Indonesia. Perusahaan pakan tentunya sudah melakukan riset dalam racikan produk pakannya agar dapat mempertahankan kualitas nutrisi dari pakan sampai

ketangan pembudidaya, namun adanya beberapa faktor seperti pengemasan, proses transportasi, proses penyimpanan pada gudang pedagang, distribusi kepada pembudidaya, gudang budidaya baru kemudian diberikan kepada ikan. Pengetahuan akan cara penanganan dan penyimpanan pakan tentunya akan sangat membantu mempertahankan kualitas pakan.

Faktor-faktor yang dapat mempengaruhi berkurangnya kualitas pakan diantaranya dapat dilihat pada sub-bab berikut ini

11.2.1 Pertumbuhan Jamur

Jamur atau kapang merupakan salah satu penyebab menurunnya kualitas pakan. Tumbuhnya jamur ini diakibatkan oleh kelembapan yang tinggi dan kadar air tinggi seperti di Indonesia (literatur humidity di Indonesia). Kelembapan tinggi membuat pertumbuhan jamur semakin cepat, dimana hal ini akan mendorong peningkatan suhu dan kelembapan pun meningkat.

Jamur sudah dihilangkan pada proses produksi pakan namun spora mereka masih bertahan dan tetap ada pada pakan sampai pada kondisi kelembapan yang tinggi dan mulai menginfeksi. Kondisi penyimpanan dengan tumpukan karung pakan dan kondisi lingkungan yang lembab akan mendorong tumbuhnya jamur, dimana jamur ini akan membuat perubahan warna dan pakan menggumpal. Jamur juga menghasilkan mikotoksin (bahan kimia beracun yang dihasilkan oleh jamur) yang bersifat racun bagi ikan dan manusia (Atter et al., 2017).

11.2.2 Penurunan Kandungan Vitamin

Vitamin merupakan zat kimia yang dibutuhkan oleh ikan. Vitamin juga membantu enzim dalam menjalankan fungsinya, sehingga penambahan vitamin ini sangat baik bagi pertumbuhan ikan. Vitamin C juga berperan sebagai antioksidan, sehingga dapat menangkal radikal bebas dan membuat ikan lebih tahan terhadap antioksidan (Zulkarnain et al., 2017).

Vitamin yang terkandung dalam pakan akan mengalami penurunan seiring dengan semakin lamanya penyimpanan dilakukan. Penurunan kandungan vitamin dikarenakan kandungan organik (protein) yang terdapat dalam pakan sangat reaktif dan tidak stabil, terutama sangat mudah terdenaturasi (terlepasnya ikatan hydrogen pada protein) karena adanya panas berlebih, oksigen, kelembapan dan paparan sinar ultraviolet (matahari). Penurunan vitamin ini ditandai dengan berkurangnya kadar protein pada pakan. Hilangnya aktivitas vitamin dalam formulasi pakan tergantung dari jenis vitamin, sumber dan kondisi penyimpanan, adapun nilai rata-rata stabilitas penyimpanan berbagai protein dapat dilihat pada tabel 11.1 (Atter et al., 2017).

Tabel 11.1 Stabilitas Vitamin dalam Pakan Ikan

Vitamin	Sumber bahan	% pengurangan vitamin pada bulan ke-		
		1	3	6
A	Beadlet	83	69	43
D ₃	Beadlet	88	78	55
E	Acetate	96	92	88
	Alcohol	59	20	0
K	MSBC ¹	75	52	32
	MPB ²	76	54	37
Vitamin C	Asorbic Acid	64	31	4
	Fat Coated Asorbic	95	82	50
	Ascorbyl Phosphate	98	90	80
B ₂	Riboflavin	93	88	82
Pyridoxine	Hydrochloride	91	84	76
B ₁₂	Cyanocobalamin	97	95	92
B ₉	Folic Acid	97	83	65
B ₇	Biotin	90	82	74
Niacin	Nicotinic Acid	88	80	72
B ₅	Calcium d-Pantothenate	94	90	86
Choline	Chloride	99	98	97

Sumber : O'Keefe & Campabadal, 2015

11.2.3 Tengik Akibat Lipid

Lipid atau lemak dalam pakan biasanya menggunakan jenis lipid yang mengandung asam lemak tak jenuh dalam jumlah besar. Lemak tak jenuh ini dibutuhkan oleh ikan untuk mempertahankan kesehatan dan pertumbuhan. Karena tingginya tingkat ketidak jenuhan dari asam lemak ini menyebabkan asam lemak ini sangat rentan akan ketengikan akibat oksidatif. Penambahan anti oksidan merupakan salah satu cara dalam menstabilkan asam lemak dari oksidasi. Bahan antioksidan yang sering digunakan adalah ethoxyquin, butylated hydroxyanasole dan butylated hydroxy toluene. Namun, zat antioksidan ini akan berkurang kadarnya seiring dengan pertambahan waktu dan radikal bebas yang ada dalam minyak akan mulai bereaksi dengan komponen asam lemak tak jenuh dan memulai proses oksidasi (Atter et al., 2017).

Pakan yang berbau tengik akibat dari radikal bebas dapat ditangani dengan cara mengatur strategi penyimpanan yang baik, pakan yang datang lebih dahulu dipakai lebih dahulu. Pakan ikan di simpan dalam gudang tidak lebih dari tiga bulan, sementara pakan yang diberikan dalam jumlah sedikit seperti pakan starter, atau pelet indukan sebaiknya distok dalam jumlah yang bisa dihabiskan dalam waktu cepat, maksimal tiga bulan penyimpanan, tergantung kondisi lingkungan dan kelembaban pada gudang penyimpanan.

11.3 Penanganan Pakan

Pakan ikan datang dalam keadaan *di-packing* menggunakan karung, penanganan pakan ikan selama proses transportasi juga memberikan peranan penting dalam menjaga kualitas pakan tersebut. Selain penanganan yang tepat ada beberapa faktor lain yang sangat berpengaruh pada penanganan pakan, diantaranya sebagai berikut :

1. Lingkungan

Penyimpanan pakan dalam gudang akan membawa remah-remah sisa pakan dan sisa pakan baik yang rusak dan tertinggal akan mempengaruhi laju pertumbuhan serangga, bakteri dan jamur yang ada dalam gudang penyimpanan. Kondisi ini akan dipercepat dengan kondisi lingkungan yang lembab dan berair. Penanganan pakan yang benar dalam kondisi ini adalah menjaga kebersihan dan sirkulasi udara dalam gudang penyimpanan, segera bersihkan gudang jika terdapat ada sisa remah-remah pakan yang tertumpah, dan perbaiki sirkulasi udara agar suhu tidak terlalu panas dan lembab saat malam hari.

2. Kelembapan dan kelembapan relatif

Kelembapan dalam gudang penyimpanan menjadi penyumbang utama kerusakan pakan, penanganan kelembapan ini merupakan faktor penentu dalam menjaga kualitas pakan. Kelembapan relatif pada gudang penyimpanan akan mempengaruhi kelembapan pakan, dimana kandungan air pada pakan akan stabil jika tingkat kelembapan relatifnya tidak lebih besar dari 75%, kelembapan pada daerah tropis pada umumnya dapat mencapai diatas itu (Atter et al., 2017), dimana uap air terperangkap dalam panas dan akan muncul saat suhu turun, tidak ada cara yang lebih baik dari menangani pakan dengan baik yaitu tidak menyimpan dalam waktu lama.

3. Suhu Tinggi

Suhu lingkungan yang tinggi dapat menyebabkan berkurangnya kualitas pakan. Kondisi suhu yang tinggi ini dapat menyebabkan lembab pada pakan paling bawah (jika pakan ditumpuk) yang akan berdampak pada meningkatkan suhu pakan pada bagian atas akibat dari aktivitas jamur. Kondisi panas juga dapat mengurangi kadar protein pada pakan. Salah satu cara menangani hal ini adalah jangan menumpuk pakan terlalu banyak, dan pastikan pakan diroling tempatnya setiap tiga hari sekali, jika tidak memungkinkan perketat lagi dalam sortir pakan mana yang akan diberikan pada ikan terlebih dahulu, selain itu harus melihat kondisi pakan yang masih bagus, jika ada indikasi mulai berkurang kualitasnya maka didahulukan untuk diberikan pada ikan.

4. Hama

Penanganan pakan selanjutnya adalah memperhatikan hama yang ada pada gudang penyimpanan. Hama dalam hal ini dapat berupa serangga seperti semut, ngengat, kutu, kumbang pengerat, tikus dan lain sebagainya. Hama ini akan mengganggu stok pakan yang kita punya, mereka bisa mengurangi isi, merusak wadah (karung), serta mereka juga bisa membuang kotoran, bau tak sedap, bahkan menyebabkan pakan menjadi lembab dan mudah berjamu (seperti kencing tikus). Untuk mengatasi hal ini harus dilakukan program pengendalian, dengan dilakukan pengecekan setiap waktu secara berkala dan melakukan pembersihan, mengusir dan bahkan memberikan perangkap atau racun (haris bijak dalam melakukan ini). Penggunaan racun sebaiknya dihindari jika bisa dikendalikan dengan membersihkan atau menutup akses hama menuju pakan yang akan diserang, karena racun ini bisa saja menjadi kontaminan pada pakan jika digunakan secara salah.

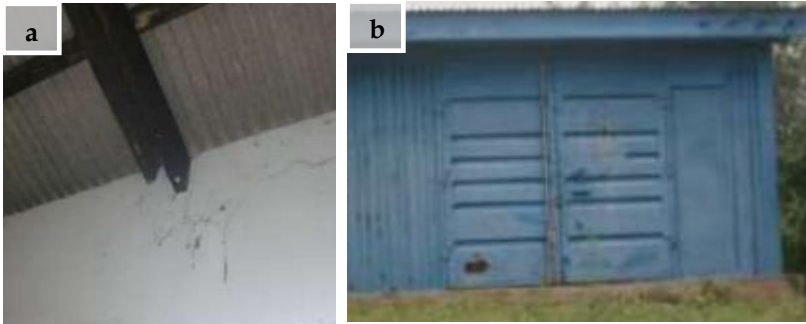
11.4 Penyimpanan Pakan

Penyimpanan pakan ikan merupakan cara yang paling pas untuk menjaga stok pakan tetap terjadi dan mengurangi pengeluaran ongkos transportasi pengangkutan pakan dari pabrik pakan atau toko pakan menuju kolam budidaya. Penyimpanan pakan ini juga akan menjadikan rugi jika tidak dilakukan dengan cara dan tempat yang benar, karena semakin lama masa penyimpanan pakan ditambah dengan kondisi lingkungan yang tidak sesuai atau buruk dapat menurunkan kualitas pakan bahkan dapat membuat pakan rusak/busuk sehingga membuat kerugian. Karena hal inilah, proses penyimpanan pakan harus dilakukan dengan cara yang benar dengan fasilitas yang benar juga, adapun fasilitas penyimpanan yang baik dapat dilihat pada sub-bab dibawah ini.

11.4.1 Gedung/rumah

Tempat penyimpanan pakan yang baik adalah berbentuk gedung, dimana memiliki lantai dan dinding serta atap yang layak. Gedung yang digunakan sebagai gudang ini haruslah memenuhi beberapa persyaratan dibawah ini :

1. Gudang yang digunakan tahan terhadap air dan jauh dari banjir, memiliki kunci dan tidak mudah diakses dari luar untuk aspek keamanan.
2. Lingkungan sekitar gudang tidak terkontaminasi dengan kotoran, gulma dan limpasan (air pembuangan).
3. Gudang ini tidak dijadikan sebagai tempat penyimpanan lain, seperti barang atau digabung dengan sampah lainnya dan tidak dijadikan sebagai tempat tidur.



Gambar 11. 3 Gudang Penyimpanan a : atap gudang,
b : Gudang penyimpanan (rumah)
(Sumber : Atter et al., 2017)

11.4.2 Memiliki Atap Yang Layak

Atap merupakan tutupan atas gedung yang berfungsi menghalangi masuknya air saat hujan dan matahari langsung disaat siang hari. Penting untuk memiliki atap untuk menjaga suhu ruangan tidak memiliki selisih yang terlalu tinggi antara siang dan malam hari untuk menjaga kelembapan udaranya. Atap sebaiknya memiliki plafon untuk mengurangi panas dari atap yang berbahan seng.

11.4.3 Ventilasi Udara

Membuat ventilasi udara agar ada pertukaran udara dan suhu serta kelembapan ruangan terjaga. Sebaiknya menggunakan tambahan exhaus fan jika gudang dalam keadaan besar, terutama diletakkan pada atap atau plafon agar menjaga suhu tidak terlalu panas siang hari.

11.4.4 Rak/Alas Pakan

Membuat rak atau alas pakan dari bahan kayu, hal ini dimaksudkan agar pakan tidak langsung menyentuh tanah/lantai hal ini mencegah pelet menjadi lembab. Rak ini juga membuat adanya sirkulasi udara pada pakan sehingga pakan dapat mempertahankan kadar airnya dan terhindar dari kelembapan akibat tertumpuk sehingga tidak mendapat aliran udara yang cukup.



Gambar 11. 4 Rak Pakan

(sumber : Atter et al., 2017)

Penumpukan pakan juga harus diatur, dimana pakan baru tidak boleh diletakkan bersamaan dengan pakan yang lama (jangan ditumpuk) hal ini untuk mengurangi resiko mengambil pakan yang baru untuk diberikan pada ikan. Tumpukan karung juga harus dijaga, maksimal 5 tumpukan, dan harus di roling, untuk memaksimalkan tumpukan pada 3 tumpukan akan memudahkan proses sortir.

Pakan sebaiknya tidak diletakan bersandar pada dinding gudang penyimpanan, hal ini dimaksudkan agar untuk mengurangi kelembapan dan memudahkan dalam pengambilan pakan (ruangan untuk bergerak). Sebaiknya usahakan kondisi gudang tetap pada suhu rendah dan mengurangi kelembapan, akan sangat baik jika menggunakan air conditioner pada gudang jika dirasa akan disimpan lama dan stok sangat banyak agar kondisi ruangan pada tingkat kelembapan yang ideal.

11.4.5 Jagalah Kebersihan Gudang

Kebersihan gudang merupakan hal utama yang harus dijaga, dimana hal ini akan sangat berpengaruh pada kontaminasi yang akan ditimbulkan. Gudang yang bersih akan membuat penyimpanan pakan menjadi lebih lama dan kualitas pakan tetap terjaga. Lantai, dinding, atap atau plafon dan area lingkungan gudang harus selalu dibersihkan, terutama saat memasukkan stok baru. Pakan yang sudah di berikan kepada ikan harus ditutup rapat atau dimasukan dalam wadah lain yang tertutup walaupun akan diberikan lagi pada sore harinya. Selalu menjaga kebersihan wadah pakan untuk memberikan ikan atau wadah tempat menyimpan pakan, seperti wadah pakan otomatis harus selalu dibersihkan secara berkala.

DAFTAR PUSTAKA

- Atter, A., Anyebuno, G., Oduro-Obeng, H., Amponsah, S. K., Arthur, W., Tandoh, I., & Agyakwah, S. K. (2017). Training Manual On Fish Feed Storage And Handling. *Council For Scientific And Industrial Research*, December, 31. https://www.researchgate.net/publication/321836110_training_manual_on_fish_feed_storage_and_handling
- Efishery. (2022). *Kenalan Dengan Jenis Pakan Ikan Yang Cocok Untuk Budidaya*. Pt Multidaya Teknologi. <https://efishery.com/jenis-pakan-ikan/>
- Murtini, S., Rudiansyah, Neksidin, Heirina, A., Wulandari, D. R., & Novita, Y. (2022). Survival Growth Rate And Feed Efisiensi Of Catfish (*Clarias Batracus*) With Addition Of Spirulina To The Concrete Pond Media. *Jurnal Agroqua*, 20(2), 420–428. <https://doi.org/10.32663/ja.v>
- O’Keefe, T., & Campabadal, C. A. (2015). Storage And Handling Of Feeds For Fish And Shrimp. *Feed And Feeding Practices In Aquaculture*, 299–313. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100506-4.00012-X>
- Rudiansyah, R., Murtini, S., & Neksidin, N. (2020). Analisis Masalah Pembudidaya Ikan Nila Di Desa Tanah Periuk I Dan Desa Air Satan. *Jurnal Perikanan Darat Dan Pesisir (Jpdp)*, 1(1), 1–9.
- Undang-Undang Ri No 41. (2014). Undang – Undang Republik Indonesia Nomor 41 Tahun 2014 Tentang Perubahan Atas Undang-Undang Nomor 18 Tahun 2009 Tentang Peternakan Dan Kesehatan Hewan. *Berita Negara Republik Indonesia*, 1–43.
- Zulkarnain, L. A., Hastuti, S., & Sarjito. (2017). Pengaruh Penambahan Vitamin Pada Pakan Sebagai Imunostimulan Terhadap Performa Darah, Kelulushidupan, Pertumbuhan Ikan Tawes (*Puntius Javanicus*). *Journal Of Aquaculture Management And Technology*, 6(3), 159–168. <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/jamt/article/view/20430>

BAB 12

METODE DAN TEKNIK PEMBERIAN PAKAN PADA IKAN

Oleh Wastu Ayu Diamahesa

12.1 Pendahuluan

Metode dan teknik pemberian pakan ikan memainkan peran penting dalam praktik akuakultur, yang mempengaruhi pertumbuhan, kesehatan, dan produktivitas ikan yang dibudidayakan. Hal ini tentu saja berdampak terhadap keberhasilan dan keberlanjutan operasi budidaya ikan. Bab ini memberikan wawasan tentang praktik terbaik, kemajuan, dan tantangan di bidang pemberian pakan ikan. Selain itu, juga mengeksplorasi berbagai metode dan teknik yang digunakan dalam pemberian pakan ikan, yang mencakup pendekatan tradisional dan modern.

Strategi pemberian pakan yang tepat tidak hanya memaksimalkan pertumbuhan ikan, tetapi juga memastikan bahwa ikan menerima nutrisi yang sesuai dengan kebutuhan spesifik mereka. Metode dan teknik pemberian pakan yang efektif sangat penting untuk meminimalkan pemborosan pakan, mengurangi dampak lingkungan dari operasi akuakultur, dan mempromosikan praktik berkelanjutan.

Informasi penting lainnya yang dibahas dalam bab ini yaitu, mengeksplorasi beragam metode dan teknik pemberian pakan ikan yang digunakan dalam akuakultur, menjelaskan signifikansi dan dampaknya terhadap budi daya ikan. Selain itu juga membahas jenis-jenis Pakan, pertimbangan lingkungan yang mempengaruhi pemberian pakan, serta tantangan dan arah masa depan dalam pemberian pakan.

12.2 Metode Pemberian Pakan Ikan Tradisional

Metode pemberian pakan ikan tradisional telah digunakan selama berabad-abad, dan memainkan peran penting dalam akuakultur skala kecil dan perikanan rakyat. Metode-metode ini sering kali praktis dan hemat biaya, memenuhi kebutuhan berbagai spesies ikan dan praktik budaya. Bagian ini mengeksplorasi keragaman metode pemberian pakan ikan tradisional, menjelaskan signifikansi historis, keuntungan, dan keterbatasannya.

- a. **Pemberian Pakan dengan Tangan:** Pemberian pakan dengan tangan adalah metode tradisional yang umum digunakan, terutama dalam operasi skala kecil dan untuk ikan hias. Metode ini memungkinkan kontrol jumlah pakan yang tepat. Pemberian pakan dengan tangan adalah salah satu metode tradisional yang paling dasar dan banyak digunakan dalam akuakultur, terutama untuk operasi skala kecil. Metode ini melibatkan pemberian makan ikan secara manual dengan menebarkan pakan di atas permukaan air atau langsung ke dalam kolam.
- b. **Pemberian Pakan secara *Broadcast*:** Dalam metode ini, pakan disebar secara merata di atas permukaan air dengan menggunakan wadah genggam, keranjang, atau penyebar mekanis. Metode ini cocok untuk spesies yang makan di atau dekat permukaan air.
- c. **Pemberian Pakan Tertambat:** Pemberian pakan dengan cara ditambatkan adalah dengan menambatkan wadah berisi pakan pada satu titik tertentu di dalam kolam, sehingga ikan dapat berenang ke sumber pakan.
- d. **Pemberian Pakan dalam Ember:** Pada pemberian pakan ember, pakan ditempatkan dalam ember atau wadah yang digantung di dalam air. Ikan mengakses pakan dengan berenang ke dalam ember.
- e. **Pemberian Pakan dengan Bambu:** Pemberian pakan dengan bambu melibatkan penggunaan batang bambu dengan pakan yang melekat padanya. Ikan berkumpul di sekitar bambu, dan pakan dikonsumsi saat hancur.

- f. Pakan hidup: Penggunaan pakan hidup seperti cacing, serangga, dan krustasea kecil merupakan metode tradisional untuk memberi makan benih dan ikan remaja.
- g. Pemberian Pakan Dasar: Beberapa spesies, terutama pemakan dasar, bergantung pada sumber makanan alami yang ada di dasar kolam, seperti detritus dan organisme benthik.

Setelah penjelasan mengenai metode pemberian pMeskipun demikian, terdapat beberapa keuntungan dan keterbatasan dalam metode ini, yang dijabarkan dalam tabel 12.1.

Tabel 12.1 Keuntungan dan Keterbatasan Berbagai Metode Pemberian Pakan Tradisional

No	Metode Pemberian Pakan Tradisional	Keuntungan	Keterbatasan
a.	Dengan Tangan	Memungkinkan kontrol jumlah pakan yang tepat.	Padat karya, terutama di kolam yang lebih besar.
		Memfasilitasi pengamatan kesehatan dan perilaku ikan	Dapat menyebabkan distribusi pakan yang tidak merata.
b.	Secara <i>Broadcast</i>	Cocok untuk spesies yang makan di atau dekat permukaan air.	Tidak ideal untuk spesies yang lebih suka makan di kedalaman yang berbeda.
		Memfasilitasi pemerataan distribusi pakan.	Angin dan arus air dapat mempengaruhi distribusi pakan.
c.	Tertambat	Mendorong perilaku mencari makan secara alami.	Terbatas pada spesies yang mudah berkumpul di sekitar tempat makan.
		Mengurangi limbah dengan memusatkan ikan di sekitar sumber pakan.	Membutuhkan infrastruktur dan pemeliharaan rutin.

No	Metode Pemberian Pakan Tradisional	Keuntungan	Keterbatasan
d.	Dalam Ember	Mengurangi limbah dan pakan yang terbuang ke air.	Mungkin memerlukan pelatihan ikan untuk menggunakan ember.
		Cocok untuk beberapa spesies ikan.	Pemeliharaan dan pembersihan ember sangat penting
e.	Dalam Bambu	Hemat biaya dan bahan yang mudah didapat.	Terbatas pada spesies yang berkumpul di sekitar titik pemberian pakan.
		Mendorong perilaku makan secara alami.	Membutuhkan penggantian bambu secara teratur.
f.	Pakan Hidup	Nilai gizi yang tinggi untuk ikan tahap awal.	Membutuhkan produksi organisme pakan hidup yang berkelanjutan.
		Merangsang naluri berburu alami.	Dapat menimbulkan penyakit jika tidak dikelola dengan baik.
g.	Pakan di dasar	Meniru perilaku makan alami.	Terbatas pada spesies yang beradaptasi dengan pemberian makan di dasar.
		Mengurangi ketergantungan pada pakan tambahan	Kondisi kolam harus mendukung kehidupan benthik.

12.3 Teknik Pemberian Pakan Ikan Modern

Metode pemberian pakan ikan modern telah berkembang secara signifikan seiring dengan kemajuan teknologi dan praktik akuakultur. Metode-metode ini dicirikan oleh ketepatan, efisiensi, dan kemampuan beradaptasi dengan beragam spesies ikan dan sistem produksi. Ulasan literatur ini membahas berbagai metode

pemberian pakan ikan modern, dengan menekankan pentingnya, keuntungan, dan tantangannya.

- a. Sistem Pemberian Pakan Otomatis: Pengumpan otomatis adalah perangkat yang dapat diprogram yang mengeluarkan pakan pada interval terjadwal. Sistem ini dapat digunakan dalam berbagai pengaturan akuakultur, mulai dari kolam hingga sistem akuakultur resirkulasi (RAS).
- b. Sistem Pemberian Pakan Bawah Air: Sistem pemberian pakan bawah air memberikan pakan ke kedalaman tertentu di kolom air, memenuhi kebiasaan makan spesies ikan yang berbeda.
- c. Pemberian Makan Presisi: Pemberian pakan secara presisi menggunakan pemantauan waktu nyata dan analisis data untuk mengoptimalkan pemberian pakan berdasarkan perilaku ikan, kondisi lingkungan, dan kebutuhan nutrisi.
- d. Visi Komputer dan Pembelajaran Mesin: Teknik visi komputer dan pembelajaran mesin semakin banyak diterapkan untuk memantau perilaku ikan dan menyesuaikan rezim pemberian pakan yang sesuai.
- e. Pengumpan Pengindera Nutrisi: Pengumpan pengindera nutrisi mendeteksi parameter kualitas air dan menyesuaikan pemberian pakan berdasarkan pengukuran waktu nyata.
- f. Kontrol Pemberian Pakan Jarak Jauh: Sistem kontrol pemberian pakan jarak jauh memungkinkan pembudidaya perikanan memantau dan menyesuaikan jadwal pemberian pakan dari jarak jauh menggunakan aplikasi seluler atau antarmuka komputer.
- g. Teknologi Bioflok: Teknologi bioflok menggabungkan air yang kaya nutrisi dengan biomassa mikroba yang tersuspensi, sehingga menyediakan sumber pakan alami bagi ikan.
- h. Pemberian Pakan Aerasi: Dalam pemberian pakan aerasi, partikel pakan halus disuspensikan dalam kolom air menggunakan sistem aerasi, sehingga dapat diakses oleh ikan.

Adapun mengenai keuntungan dan keterbatasan berbagai metode pemberian pakan modern dapat dilihat pada tabel 12.2 berikut ini.

Tabel 12.2 Keuntungan dan Keterbatasan Berbagai Metode Pemberian Pakan Modern

No	Metode Pemberian Pakan Modern	Keuntungan	Keterbatasan
a.	Otomatis	Kontrol yang tepat atas jadwal pemberian pakan.	Investasi awal dalam peralatan dan pemeliharaan.
		Pengurangan biaya tenaga kerja dan distribusi pakan yang	
b.	Bawah Air	Memungkinkan pemberian makan pada berbagai kedalaman untuk mengakomodasi spesies yang berbeda.	Membutuhkan kalibrasi dan pemeliharaan yang tepat.
		Meminimalkan limbah permukaan dan persaingan untuk mendapatkan pakan.	
c.	Presisi	Meminimalkan pemberian pakan berlebih dan pemborosan.	Membutuhkan teknologi dan keahlian yang canggih
		Meningkatkan rasio konversi pakan dan tingkat pertumbuhan.	
d.	Visi Komputer dan Pembelajaran Mesin	Memungkinkan pelacakan otomatis pola pemberian makan ikan.	Ketergantungan pada data dan algoritme yang andal
		Meningkatkan efisiensi praktik pemberian makan.	
e.	Pengumpan Pengindra Nutrisi	Meningkatkan efisiensi pakan dan manajemen kualitas air.	Biaya dan pemeliharaan peralatan penginderaan
		Mengurangi pembuangan nutrisi dan dampak lingkungan.	

No	Metode Pemberian Pakan Modern	Keuntungan	Keterbatasan
f.	Kontrol Pemberian Pakan Jarak Jauh	Meningkatkan presisi dan fleksibilitas pemberian pakan.	Ketergantungan pada konektivitas internet yang andal
		Mengurangi kebutuhan akan kehadiran di lokasi.	
g.	Teknologi Bioflok	Mendorong perilaku makan alami.	Membutuhkan pengelolaan yang tepat untuk menjaga kualitas air.
		Mengurangi ketergantungan pada pakan eksternal.	
h.	Sistem pemberian pakan Aerasi	Meningkatkan pemanfaatan pakan dan mengurangi limbah.	Membutuhkan sistem aerasi yang efisien dan formulasi pakan yang cermat.
		Cocok untuk spesies yang makan di seluruh kolom air	

Metode pemberian pakan ikan modern telah merevolusi industri akuakultur, memungkinkan presisi, efisiensi, dan keberlanjutan yang lebih baik dalam operasi budi daya ikan. Tinjauan literatur ini memberikan wawasan yang berharga bagi para peneliti, praktisi akuakultur, dan pembuat kebijakan yang ingin meningkatkan praktik pemberian pakan dalam budidaya ikan kontemporer.

12.4 Jenis-jenis Pakan Ikan

Pakan ikan adalah komponen penting dalam akuakultur, yang memengaruhi pertumbuhan, kesehatan, dan produktivitas ikan yang dibudidayakan. Ulasan literatur ini membahas beragam jenis pakan ikan yang digunakan dalam akuakultur, termasuk komposisi, nilai gizi, dan pertimbangan lingkungan. Ulasan ini memberikan wawasan tentang evolusi pakan ikan, formulasinya, dan dampak dari berbagai bahan terhadap kesehatan ikan dan praktik akuakultur yang berkelanjutan.

- a. **Pakan Pelet Komersial:** Pakan pelet yang diformulasikan secara komersial adalah bahan pokok dalam akuakultur. Pakan ini tersedia untuk berbagai spesies ikan dan tahap kehidupan, menyediakan makanan yang seimbang.
- b. **Pakan yang diekstrusi:** Pakan ekstrusi dibuat dengan memaksa campuran bahan melalui cetakan yang dipanaskan. Pakan ini dikenal dengan daya cerna dan penyerapan nutrisi yang lebih baik.
- c. **Pakan Terapung:** Pakan terapung dirancang untuk tetap berada di permukaan air, sehingga memudahkan pengamatan perilaku makan ikan. Pakan ini cocok untuk spesies yang makan di atau dekat permukaan.
- d. **Pakan yang tenggelam:** Umpan tenggelam diformulasikan untuk tenggelam dengan cepat, menargetkan ikan yang makan di kedalaman air yang lebih rendah.
- e. **Pakan Hidup:** Pakan hidup termasuk organisme seperti artemia, daphnia, dan rotifera. Pakan ini sangat penting untuk memberi makan larva dan ikan tahap awal karena nilai gizinya yang tinggi.
- f. **Pakan buatan sendiri:** Pakan buatan sendiri sering digunakan dalam akuakultur skala kecil atau subsisten. Pakan ini dapat terdiri dari bahan-bahan yang tersedia secara lokal seperti dedak padi, tepung ikan, dan produk sampingan pertanian.
- g. **Pakan Organik dan Berkelanjutan:** Pakan organik dan berkelanjutan menggunakan bahan dan praktik yang ramah lingkungan. Pakan ini bertujuan untuk mengurangi jejak ekologis dari akuakultur.

- h. Pakan Berbasis Bioflok: Teknologi bioflok menggabungkan biomassa mikroba dengan air yang kaya nutrisi, yang berfungsi sebagai sumber pakan alami untuk ikan.

Adapun mengenai keuntungan dan keterbatasan berbagai jenis pakan dapat dilihat pada tabel 12.3 berikut ini.

Tabel 12.3 Keuntungan dan Keterbatasan Berbagai Jenis-Jenis Pakan

No	Jenis-jenis Pakan	Keuntungan	Keterbatasan
a.	Pelet Pakan komersil	Kontrol yang tepat atas kandungan nutrisi.	Lebih mahal dibandingkan dengan jenis pakan lainnya.
		Mengurangi risiko penularan penyakit.	Masalah lingkungan yang terkait dengan sumber bahan baku.
b.	Pakan yang diekstruksi	Peningkatan pemanfaatan nutrisi.	Membutuhkan peralatan khusus untuk produksi.
		Mengurangi limbah pakan	Lebih mahal daripada pakan tradisional.
c.	Pakan Terapung	Mendorong pemberian makan secara visual.	Mungkin tidak cocok untuk spesies yang lebih menyukai pakan yang tenggelam.
		Mengurangi limbah dengan meminimalkan pakan yang tenggelam.	Rentan terhadap kondisi cuaca
d.	Pakan Tenggelam	Mengakomodasi spesies dengan kebiasaan makan di dasar perairan.	Mungkin sulit untuk memantau konsumsi pakan
		Mengurangi polusi permukaan air	
e.	Pakan Hidup	Menyediakan nutrisi penting untuk perkembangan awal.	Membutuhkan produksi organisme pakan hidup yang berkelanjutan.
		Memulai naluri berburu alami.	Dapat menimbulkan penyakit jika tidak dikelola dengan baik.
f.	Pakan Buatan Sendiri	Ekonomis dan mudah diakses.	Komposisi nutrisi dapat bervariasi.

No	Jenis-jenis Pakan	Keuntungan	Keterbatasan
		Memanfaatkan sumber daya yang tersedia secara lokal.	Kontrol kualitas dapat menjadi tantangan.
g.	Pakan Organik dan Berkelanjutan	Selaras dengan prinsip-prinsip akuakultur yang berkelanjutan.	Lebih mahal daripada pakan konvensional.
		Memenuhi permintaan konsumen akan produk ramah lingkungan.	Ketersediaan bahan organik terbatas.
h.	Pakan berbasis Bioflok	Meniru sumber makanan alami.	Membutuhkan pengelolaan yang tepat untuk menjaga kualitas air.
		Mengurangi ketergantungan pada pakan eksternal.	Tidak cocok untuk semua spesies ikan.

Tinjauan literatur ini memberikan wawasan komprehensif mengenai berbagai jenis pakan ikan yang digunakan dalam akuakultur, menyoroti keunggulan, keterbatasan, dan tren yang berkembang menuju pilihan yang lebih berkelanjutan dan ramah lingkungan. Memahami peran berbagai jenis pakan sangat penting untuk mengoptimalkan nutrisi ikan dan keberlanjutan operasi akuakultur.

12.5 Strategi Pemberian Pakan

Strategi pemberian pakan ikan merupakan aspek penting dalam akuakultur yang secara signifikan memengaruhi efisiensi produksi, kesehatan ikan, dan kelestarian lingkungan. Tinjauan literatur ini mengkaji berbagai strategi pemberian pakan yang digunakan dalam akuakultur, dengan fokus pada dampaknya terhadap pertumbuhan ikan, pemanfaatan nutrisi, dan jejak lingkungan dari praktik akuakultur. Berdasarkan studi penelitian, ulasan, dan pendapat para ahli, makalah ini memberikan wawasan tentang praktik terbaik, tren yang sedang berkembang, dan tantangan di bidang strategi pemberian pakan ikan.

- a. Pemberian Pakan Ad Libitum: Pemberian pakan secara ad libitum memungkinkan ikan untuk mengkonsumsi pakan sebanyak yang mereka inginkan kapan saja. Pendekatan ini umumnya digunakan dalam sistem akuakultur intensif.
- b. Pemberian Pakan Terbatas: Pemberian pakan terbatas melibatkan pemberian pakan dalam jumlah tertentu pada interval tertentu, untuk mengontrol asupan makanan harian ikan.
- c. Pemberian Pakan Sekenyangnyanya (At Satiation): Pemberian pakan sampai kenyang dilakukan dengan memberikan pakan kepada ikan sampai mereka tidak lagi mengonsumsinya, sehingga mencapai kondisi kenyang.
- d. Pemberian Pakan yang Tepat: Pemberian pakan secara presisi menggunakan pemantauan waktu nyata dan analisis data untuk mengoptimalkan pemberian pakan berdasarkan perilaku ikan, kondisi lingkungan, dan kebutuhan nutrisi.
- e. Pemberian Pakan Bertingkat: Pemberian pakan bertingkat melibatkan pemberian formulasi pakan atau ukuran pelet yang berbeda untuk ikan dengan berbagai ukuran atau tahap pertumbuhan dalam populasi yang sama.
- f. Pemberian Pakan Terbatas Waktu: Pemberian pakan dengan waktu terbatas memberikan pakan selama rentang waktu tertentu, biasanya pada siang hari, sesuai dengan perilaku pemberian pakan secara alami.
- g. Akuakultur Multi-Trofik Terpadu (IMTA): IMTA menggabungkan budidaya spesies yang berbeda dalam ekosistem yang sama, memungkinkan produk sampingan dari satu spesies berfungsi sebagai pakan untuk spesies lain, sehingga meminimalkan limbah.
- h. Teknologi Bioflok: Teknologi bioflok mendorong pengembangan biomassa mikroba dalam sistem akuakultur, yang menyediakan sumber pakan alami bagi ikan.

Adapun mengenai keuntungan dan keterbatasan berbagai strategi pemberian pakan dapat dilihat pada tabel 12.4 berikut ini.

Tabel 12.4 Keuntungan dan Keterbatasan Berbagai Strategi Pemberian Pakan

No	Strategi Pemberian Pakan	Keuntungan	Keterbatasan
a.	<i>Ad Libitum</i>	Mendorong pertumbuhan ikan yang cepat.	Risiko pemberian pakan berlebih dan pemborosan nutrisi.
		Mengurangi tenaga kerja dan pemborosan pakan.	Dapat menyebabkan penurunan kualitas air
b.	Pemberian Pakan Terbatas (<i>Restricted</i>)	Ketepatan dalam mengelola rasio konversi pakan.	Memerlukan pemantauan yang ketat untuk mencegah pemberian pakan yang kurang.
		Ketepatan dalam mengelola rasio konversi pakan.	Laju pertumbuhan mungkin lebih lambat daripada pemberian pakan <i>ad libitum</i> .
c.	Pemberian Pakan Sekenyangnya (<i>At Satiation</i>)	Memaksimalkan tingkat pertumbuhan pada spesies yang tumbuh cepat.	Risiko pemberian pakan berlebih dan pembuangan nutrisi berlebih.
		Dapat mengurangi kanibalisme pada beberapa ikan	Lebih menantang untuk dikelola dalam operasi skala besar.
d.	Pemberian Pakan yang Tepat	Meminimalkan pemberian pakan berlebih dan pemborosan.	Membutuhkan teknologi dan keahlian yang canggih.
		Meningkatkan rasio konversi pakan dan tingkat pertumbuhan.	

No	Strategi Pemberian Pakan	Keuntungan	Keterbatasan
e.	Pemberian Pakan Bertingkat	Memastikan bahwa ikan menerima nutrisi yang tepat.	Peningkatan kompleksitas dalam manajemen pakan.
		Mengoptimalkan pertumbuhan dan mengurangi persaingan untuk mendapatkan pakan.	Biaya produksi pakan lebih tinggi.
f.	Pemberian Pakan Terbatas Waktu	Mendorong pemberian pakan saat ikan paling aktif.	Mungkin memerlukan sistem pemberian makan otomatis.
		Mengurangi pemborosan pakan di malam hari.	Kontrol terbatas selama kondisi cuaca buruk.
g.	Akuakultur Multi Tropik Terpadu (IMTA)	Meningkatkan daur ulang nutrisi dan mengurangi dampak lingkungan.	Membutuhkan pemilihan dan pengelolaan spesies yang cermat.
		Meningkatkan efisiensi sumber daya.	Mungkin memerlukan desain dan pemeliharaan sistem yang kompleks
h.	Teknologi Bioflok	Meniru sumber makanan alami.	Membutuhkan pengelolaan yang tepat untuk menjaga kualitas air.
		Mengurangi ketergantungan pada pakan eksternal.	Tidak cocok untuk semua spesies ikan.

Strategi pemberian pakan ikan merupakan bidang yang dinamis dan terus berkembang dalam akuakultur, yang didorong oleh kemajuan teknologi, pertimbangan lingkungan, dan fokus yang semakin besar terhadap keberlanjutan. Tinjauan literatur ini memberikan wawasan yang berharga bagi para peneliti, praktisi akuakultur, dan pembuat kebijakan yang ingin mengoptimalkan praktik pemberian pakan ikan dalam operasi akuakultur modern.

12.6 Pertimbangan Lingkungan

- a. Manajemen Kualitas Air: Pengelolaan kualitas air yang tepat sangat penting untuk menjaga kesehatan dan nafsu makan ikan.
- b. Pemberian Pakan dalam Sistem Akuakultur Resirkulasi (RAS): Fasilitas RAS membutuhkan teknik pemberian pakan yang efisien untuk mengoptimalkan pemanfaatan sumber daya.

12.7 Tantangan dan Arah Masa Depan

- a. Kebutuhan Nutrisi: Memahami kebutuhan nutrisi yang tepat untuk spesies ikan yang beragam masih menjadi tantangan.
- b. Keberlanjutan: Sumber bahan baku pakan ikan yang berkelanjutan dan mengurangi limbah merupakan masalah yang terus berlanjut.
- c. Kemajuan Teknologi: Kemajuan dalam teknologi sensor dan analisis data menjanjikan untuk mengoptimalkan praktik pemberian pakan.

12.8 Kesimpulan

Metode dan teknik pemberian pakan ikan telah berkembang secara signifikan, didorong oleh kemajuan dalam akuakultur dan teknologi. Praktik pemberian pakan yang tepat sangat penting untuk memaksimalkan pertumbuhan, kesehatan, dan produksi ikan secara keseluruhan. Pendekatan holistik yang mempertimbangkan kebutuhan nutrisi spesifik spesies, faktor lingkungan, dan inovasi teknologi sangat penting untuk pengembangan akuakultur yang berkelanjutan.

Penjelasan pada bab ini diharapkan dapat memberikan gambaran umum yang komprehensif mengenai metode dan teknik pemberian pakan ikan, yang memberikan wawasan berharga bagi para peneliti, praktisi akuakultur, dan pembuat kebijakan di bidang budi daya ikan.

DAFTAR PUSTAKA

- Allan, G. L., & Rowland, S. J. (2013). Handbook Of Aquaculture Nutrition. *Springer Science & Business Media*.
- Blancheton, J. P., & Lemoalle, J. (2007). Intensive Shrimp Production In Recirculating Water Systems: Monitoring Of Water Quality And Development Of Management Tools. *Aquacultural Engineering*, 36(2), 139-156.
- Boyd, C. E., & Tucker, C. S. (2012). *Water Quality And Pond Soil Analysis For Aquaculture*. Crc Press.
- Costa-Pierce, B. A. (2019). Ecological Aquaculture: Principles, Practices, And Constraints. Wiley-Blackwell.
- De Silva, S. S., & Soto, D. (2009). Cage Aquaculture: Regional Reviews And Global Overview. *Fao Fisheries And Aquaculture Technical Paper* No. 498.
- Diana, J. S. (2009). Aquaculture Production Systems. Wiley-Blackwell.
- Diana, J. S. (2010). Aquaculture Production And Biodiversity Conservation. *Bioscience*, 60(11), 934-941.
- Edwards, P. (2015). Aquaculture And Small-Scale Fisheries: Panacea Or Pandora's Box? Springer.
- Gatlin Iii, D. M., Barrows, F. T., Brown, P., Dabrowski, K., Gaylord, T. G., Hardy, R. W., ... & Wurtele, E. S. (2007). Expanding The Utilization Of Sustainable Plant Products In Aquafeeds: a Review. *Aquaculture Research*, 38(6), 551-579.
- Hardy, R. W. (2010). Utilization Of Plant Proteins In Fish Diets: Effects Of Global Demand And Supplies Of Fishmeal. *Aquaculture Research*, 41(5), 770-776.
- Hardy, R. W. (2012). Utilization Of Plant Proteins In Fish Diets: Effects Of Global Demand And Supplies Of Fishmeal. *Aquaculture Research*, 41(5), 770-776.

- Jobling, M. (2012). Nutrient Partitioning And The Influence Of Feed Composition On Growth. In: Feeding And Growth Of Fish (Pp. 1-19). Springer.
- Kaushik, S. J., & Seiliez, I. (2010). Protein And Amino Acid Nutrition And Metabolism In Fish: Current Knowledge And Future Needs. *Aquaculture Research*, 41(3), 322-332.
- Pillay, T. V. R. (2005). *Aquaculture: Principles And Practices*. Blackwell Publishing
- Rust, M. B., & Baras, E. (2015). *Handbook Of Larval Fish Feeding Behavior*. Crc Press.
- Tacon, A. G. J., & Metian, M. (2008). Global Overview On The Use Of Fish Meal And Fish Oil In Industrially Compounded Aquafeeds: Trends And Future Prospects. *Aquaculture*, 285(1-4), 146-158.
- Tacon, A. G. J., & Metian, M. (2015). Fish Matters: Importance Of Aquatic Foods In Human Nutrition And Global Food Supply. *Reviews In Fisheries Science & Aquaculture*, 23(3), 216-227.
- Turchini, G. M., Torstensen, B. E., & Ng, W. K. (2009). Fish Oil Replacement In Finfish Nutrition. *Reviews In Aquaculture*, 1(1), 10-57.

BAB 13

MEKANISME DAN INTERAKSI FAKTOR LINGKUNGAN DAN PEMBERIAN PAKAN

Oleh Fauzia Nur

13.1 Pendahuluan

Lingkungan harus diperhatikan dalam budidaya ikan karena baik buruknya kualitas lingkungan akan mempengaruhi hasil budidaya. Kualitas air adalah contoh faktor lingkungan yang harus dijaga kestabilannya dengan melakukan pengukuran kandungan amoniak yang dapat menghambat pertumbuhan ikan budidaya (Hargreaves dan Tucker, 2004).

Kualitas air memiliki peranan yang berpengaruh pada pertumbuhan ikan. Jika kualitas air baik maka akan mendapatkan pertumbuhan ikan optimal. Sedangkan kualitas air yang buruk menghambat pertumbuhan ikan karena nafsu makan berkurang, ikan stres dan akhirnya mengalami kematian (Supono, 2015). Pemberian pakan terutama pada sistem budidaya intensif potensial menimbulkan cemaran bahan organik maupun anorganik di perairan. Pakan yang tidak termakan dan feses bisa menjadi sumber limbah organik pada aktivitas budidaya (Cole dan Boyd, 1986). Amoniak, terutama dalam bentuk yang tidak terionisasi berpengaruh langsung/bersifat toksik terhadap ikan/udang, sementara P, N, dan bahan lain berpengaruh secara tidak langsung, yaitu melalui penurunan kualitas air.

13.2 Pakan

Komponen yang sangat berperan dalam budidaya ikan adalah pakan, sebagai salah satu penunjang pertumbuhan dan keberlangsungan hidup ikan. Komposisi gizi yang terkandung dalam pakan berupa serat kasar, vitamin, protein, mineral, lemak, kadar air dan karbohidrat. Ikan mendapatkan energi berasal dari pakan yang dikonsumsi sehingga dapat melakukan aktivitas. Dalam mengkonsumsi pakan ada beberapa tahap jalur yang dilalui sebelum dicerna dan ikan tidak menggunakan seluruhnya untuk pemenuhan energi (Rahmatia, 2016).

13.2.1 Komposisi Pakan

Kebutuhan fisiologi ikan merupakan pakan yang baik dan sesuai. Untuk mendapat hasil budidaya ikan yang optimal sebaiknya memberikan pakan yang berkualitas dan berkuantitas yang memiliki kandungan gizi yang sesuai dan cukup untuk kebutuhan ikan.

Pakan terdiri dari 2 (dua) yaitu: pertama, pakan alami yang merupakan pakan awal diberikan pada benih ikan yang memiliki kandungan gizi yang lebih lengkap dan dapat dicerna dengan mudah. Kedua, Pakan buatan merupakan formulasi yang dibentuk dengan komposisi pakan yang diinginkan oleh pembuatnya berdasarkan kebutuhan nutrisi ikan. Formulasi pakan menggunakan perhitungan yang sesuai kebutuhan nutrisi ikan dalam pembuatan pakan mandiri yang berbahan lokal sehingga meningkatkan efisiensi pakan serta pertumbuhan (Hidayat *et al.*, 2013).

Protein memiliki kaitan erat dengan pertumbuhan ikan, yang merupakan nutrisi bagi ikan sebagai sumber energi. Adapun Usman (2017) mengemukakan bahwa jenis hewan herbivora membutuhkan protein rendah dengan kisaran 20-30 %, hewan omnivora membutuhkan protein sedang berkisar 30-40 %, sedangkan untuk hewan karnivora membutuhkan protein tinggi sekitar lebih dari 40 %. perbandingan kebutuhan protein ikan kecil jauh lebih tinggi dibanding ikan besar.

Berdasarkan jenisnya beberapa kebutuhan nutrisi ikan menurut (Usman, 2017) dapat dilihat pada tabel 13.1 sebagai berikut:

Tabel 13.1 Pakan Pembesaran Dalam Beberapa Jenis Ikan Budidaya Sesuai Kebutuhan Proteinnya (Usman, 2017)

Spesies	Kandunagn Protein Pakan (%)
Ikan Bandeng kecil (< 25 g)	38-40
Ikan Bandeng mudah (> 50g)	25-35
Ikan Baronang	22-35
Ikan Nila	27-35
Ikan Lele	30-40
Ikan Kakap Putih	40-45
Ikan Kerapu Macan	45-50
Ikan Kerapu Bebek	47-54
Udang windu	35-45
Udang Vaname	32-40

Adapun standar kebutuhan bahan baku untuk nutrisi pakan (Usman, 2017) dapat diperhatikan di tabel 13.2 dan tabel 13.3 sebagai berikut:

Tabel 13.2 Bahan baku Pakan Hewani Dengan Makro Nutrisi Yang Umum Digunakan (Usman, 2017)

Jenis Bahan Hewani	Protein (%)	Lemak (%)	Serat Kasar (%)	Abu (%)
Tepung Ikan Lokal	44,7- 62,4	4,8 - 10,8	1,1 - 3,4	21,7- 24,7
Tepung Kepala Udang	44,4 - 49,8	3,8 - 8,4	15,8 - 19,7	25,7- 27,8
Tepung Limbah Ayam	59,1 - 62,7	17,2 - 22,3	1,9 - 2,4	5,3 - 7,4
Tepung Keong Mas	51,8 - 66,0	5,2 - 13,6	2,8 - 6,1	11,2 – 24
Tepung Darah Hewan	72 - 97	0,2 - 5,9	0,4 -1,0	2,0 - 15,6
Tepung Rebon	55,5 - 61,3	4,3 - 9,7	2,7 - 3,2	13,6 -15,7

Jenis Bahan Hewani	Protein (%)	Lemak (%)	Serat Kasar (%)	Abu (%)
Tepung Hati Cumi	49,2	16,8	5,0	4,5
Tepung Kerang Hijau	57,0	13,4	2,1	9,7

Tabel 13.3 Bahan baku pakan nabati dengan makro nutrisi yang umum digunakan (Usman, 2017)

Jenis Bahan Nabati	Protein (%)	Lemak (%)	Serat Kasar (%)	Abu (%)	BETN (%)
Tepung kedelai	36 -41	18,4-21	3,5-6,4	6,0- 7,2	27,4- 38,5
Bungkil kedelai	44 -48	3,5-5,7	6,2-7,2	6,8- 9,3	30,3- 40,7
Ampas tahu	18,2-24,0	5,8-10,3	20,1- 26,8	2,4- 10,6	36,7- 39,4
Dedak halus	11,9- 13,8	11,9-15,9	6,2- 14,3	9,4- 11,7	49,5- 53,8
Bungkil kopra	18-24	5,4-20	12,4- 16,7	4,6- 7,7	39,2- 40,1
Bungkil kopra fermentasi	29,8- 29,3	5,2-6,7	16,4- 16,5	7,2- 8,4	38,7- 41,8
Bungkil kelapa sawit	14,6- 15,8	2,9-12,7	31,8- 33,0	5,0- 15,8	38,7- 41,8
Tepung jagung	10,2- 11,0	3,8-4,1	1,7-2,4	1,8- 2,2	38,7- 41,8
Tepung pollar	11,0- 16,9	1,3-4,4	7,8-8,8	4,7- 5,5	38,7- 41,8
Mi apkir	10-11	5,3- 17,5	0,81- 2,5	4,2- 4,8	38,7- 41,8
Gosse (Ceratophyllum)	17-20,8	2,7-3,2	13,5- 16,6	28,4- 30,5	38,7- 41,8

Jenis Bahan Nabati	Protein (%)	Lemak (%)	Serat Kasar (%)	Abu (%)	BETN (%)
Lumut sutra (Chaetomorpa intestin)	16,6	16,6	19,3	30,9	32,2
Tepung kanji	0,2-0,5	0,2-0,3	0,9-1,5	7,0- 8,2	38,7- 49,8

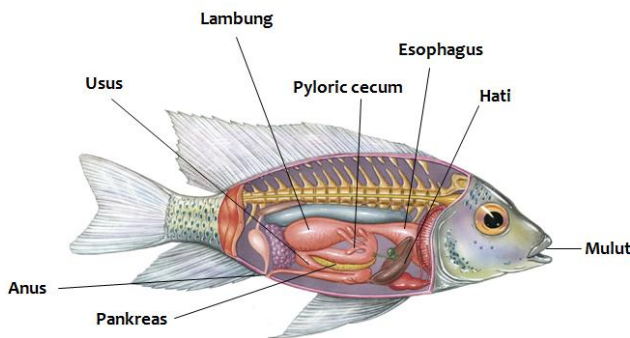
13.2.2 Proses Pakan Dicerna

Tahapan utama pengolahan pakan yang terjadi dalam tubuh ikan terbagi atas empat (Mubaraq *et al.*, 2022), yaitu:

1. Tahap pertama penelanan (*ingestion*): memakan pakan
2. Tahap kedua pencernaan (*digestion*): proses perombakan pakan menjadi molekul kecil yang dapat di serap oleh tubuh ikan. Terjadi dengan menggunakan mulut dan gigi (mekanik) dan perombakan molekul dengan adanya enzim yang diberikan (kimiaawi).
3. Tahap ketiga penyerapan (*absorption*): terjadinya penyerapan molekul yang dilakukan oleh sel-sel sehingga menghasilkan sumber energi yang digunakan ikan dalam beraktivitas seperti mencari makan atau dalam melakukan metabolisme tubuh dan lain-lain.
4. Tahap keempat pembuangan (*elimination*): pada tahap ini sisa pakan dibuang jika sudah tidak bisa dicerna

Tingkat pencernaan berpengaruh pada efisiensi pakan dengan memperhatikan komposisi bahan, keseimbangan dan jumlah asam amino. Adapun (Gunadi *et al.*, 2010) menyatakan bahwa penentu nilai efisiensi pakan salah satunya adalah pencernaan pakan. NRC (1993) berpendapat bahwa dalam pemberian pakan ikan sebaiknya tidak hanya di nilai dari kandungan kimiaawi nutrien saja tetapi juga harus memperhatikan kemampuan nutrien yang dapat diserap dan dapat dimanfaatkan ikan. Dalam nilai pencernaan pakan dapat memperlihatkan energi pakan atau bagian nutrien yang dicerna ikan dan dan tidak dikeluarkan melalui *feces*.

Banyak faktor yang mempengaruhi tingkat pencernaan pakan, seperti kandungan gizi pada pakan, kuantitas dan kualitas pakan, bahan yang terkandung dalam pakan, aktivitas enzim pada pencernaan ikan, umur dan ukuran ikan, juga sifat fisik dan kimia perairan budidaya. Dari banyak penelitian NRC (1993) menyimpulkan bahwa ukuran pakan dapat mempengaruhi pencernaan pakan beberapa jenis ikan. Wilson dan Poe dalam NRC (1993) menyatakan bahwa cara pembuatan pakan menentukan nilai pencernaan pakan. Pembuatan pakan dengan metode ekstrusi berupa pakan apung kecernaannya tinggi dibandingkan metode cetak berupa pakan pelet tenggelam. Adapun alat pencernaan pada ikan dapat diperhatikan di gambar 13.1.



Gambar 13.1 Alat Pencernaan Ikan
(Sumber : Yog, 2016)

Secara umum saluran pencernaan ikan berawal dari masuknya makanan di rongga mulut yang terdapat gigi-gigi kecil dan lidah. Kemudian menuju faring sebagai penyaring makanan. *Esophagus* pada ikan ukurannya pendek sekali dan batasnya tidak jelas dengan ventrikuls. Makanan berlanjut ke lambung yang berfungsi menjadi penampung dan pencerna makanan, tetapi untuk ikan yang tidak berlambung menggunakan usus depan sebagai penampung makanan yang biasa di sebut lambung palsu. Dari lambung makanan berlanjut ke usus yang bentuk dan ukurannya sama besar. Kemudian enzim membantu perombakan makan dalam pankreas. Apabila makanan ada yang dapat dicerna ataupun sudah melebihi dari kebutuhan maka sisa

makan tersebut akan dikeluarkan menjadi kotoran melalui anus (Yog, 2016).

13.3 Limbah Aquakultur

Kualitas air yang sesuai standar budidaya akan mendukung pertumbuhan dan kelangsungan hidup ikan tinggi sehingga meningkatnya biomassa ikan. Sebaliknya apabila terjadi degradasi kualitas air menyebabkan ikan stres hingga kelulusahidupan menurun berakibat biomassa berkurang dan juga bisa berakhir pada kematian ikan (Supono, 2018). Budidaya memiliki permasalahan mengenai degradasi dari kualitas air terutama pengelolaannya secara intensif dan semi intensif. Tingginya limbah hasil budidaya baik tersuspensi maupun yang mengendap di dasar kolam akibat adanya penebaran yang padat dan pakan yang melebihi kebutuhan ikan serta rendahnya efisiensi pakan. Adanya penurunan kualitas dari lingkungan perairan akan menimbulkan patogen dan plankton yang berbahaya dengan jumlah yang banyak. Hasil limbah organik budidaya dapat mempengaruhi kualitas air lainnya serta membuat pertahanan tubuh ikan akan melemah melawan infeksi penyakit. Buruknya kualitas air karena adanya peningkatan senyawa beracun seperti amoniak, nitrit ataupun H_2S dan konsentrasi tinggi dapat berakibat kematian. Sedangkan apabila konsentrasi senyawa rendah maka ikan akan stress berdampak pada penurunan daya tahan tubuh ikan terhadap infeksi penyakit (Austin, 1999).

Ikan dan udang dapat mengeluarkan amonium yang dapat terakumulasi dalam perairan. Pakan yang mengandung protein tinggi menjadi sumber utama adanya amonium. Dalam pakan membutuhkan protein yang tinggi karena oksidasi dan katabolisme protein berpengaruh pada produksi energi hewan air seperti ikan dan udang (Hepher (1988) dalam Avnimelech, 1999). Amonium dapat dioksidasi oleh bakteri menjadi nitrat dan nitrit apabila di kolam budidaya terdapat aerasi tinggi. Tidak sama halnya dengan karbon dioksida yang dapat dikeluarkan melalui difusi sedangkan metabolit nitrogen tidak dapat dikeluarkan begitu saja. Cara untuk mengurangi nitrogen berlebihan dalam perairan yaitu sering mengganti dan menukar air yang baru dalam budidaya.

Apabila amoniak dibiarkan terakumulasi dalam sistem produksi ikan maka dapat bersifat racun bagi ikan. Jika amoniak terakumulasi mencapai tingkat beracun berakibat pakan tidak dapat efisien untuk menghasilkan energi dan akhirnya mengalami kematian. Laju ekskresi amoniak ikan berkaitan dengan laju pemberian pakan dan tingkat protein dalam pakan. Protein berguna memecah makanan dalam tubuh ikan, nitrogen memiliki beberapa kegunaan sebagian membentuk protein, sebagian untuk energi dan sebagian dikeluarkan melalui insang berupa amoniak. Difusi sedimen juga merupakan sumber amoniak. Padatan kotoran ikan dan ganggang yang telah mati akan mengalami pengendapan di dasar kolam dan penguraian (Hargreaves dan Tucker, 2004).

13.4 Pengelolaan Kualitas Air

Keberhasilan suatu budidaya sangat dipengaruhi oleh kualitas air karena berhubungan dengan pertumbuhan dan kelangsungan hidup ikan serta tingkat kesehatan ikan. Karbondioksida, pH, alkalinitas, amoniak, fitoplankton, limbah organik memiliki hubungan yang saling berkaitan.

Budidaya ikan/udang menghasilkan limbah yang berasal dari pakan yang tidak termakan, pupuk budidaya yang digunakan, sisa dari metabolisme alga yang mengalami kematian, juga dapat bersumber dari molting udang yang mengandung senyawa berbahaya dan limbah organik. Dalam budidaya sebaiknya pengukuran parameter dari kualitas air dilaksanakan pada pagi sekitar pukul 05.00-06.00 pagi dan siang hari pada pukul 12.00-14.00. Perkiraan pengukuran tersebut merupakan waktu yang kritis, bisa memperlihatkan kondisi perairan. Titik terendah oksigen terjadi pada pukul 05.00-06.00 pagi tetapi pada pukul tersebut karbondioksida dan pH meningkat. Sedangkan pada pukul 12.00-14.00 adalah puncak dari fotosintesis yang dilakukan fitoplankton juga oksigen terlarut. Ada beberapa teknik pengelolaan kualitas air diantaranya penerapan pakan yang sesuai kebutuhan ikan/udang, adanya pergantian air pada media budidaya secara rutin, menggunakan erator, menyipon dan membuang limbah organik dalam tempat yang digunakan, penggunaan bahan kimia

diperhatikan serta kepadatan tinggi dari bakteri salah satunya probiotik yang perlu dihindari (Supono, 2018). Karbondioksida dimanfaatkan fitoplanton dalam proses fotosintesisnya dalam jumlah tertentu.

Kisaran variabel dari kualitas air terdapat beberapa perbedaan untuk budidaya air laut/payau dengan budidaya air tawar. Untuk standar kualitas air dalam budidaya udang dapat diperlihatkan di tabel 13.4.

Tabel 13.4. Standar kualitas air budidaya udang(Supono, 2018)

No.	Variabel	Level Optimum
1	Suhu	22-33°C
2	Salinitas	10-30 ppt (Untuk udang)
3	Oksigen Terlarut	>4mg/l
4	pH	7,5-8,5
5	TAN	<1,00 mg/l
6	Nitrit	<0,01 mg/l
7	H2S	<0,0 1mg/l
8	BOD	<10 mg/l
9	Transparansi	30-50 cm
10	Karbondioksida	<10 mg/l
11	Alkalinitas	100-150 mg/l
12	Hardness	75-250
13	Fitoplankton	Chlrophyta, Diatom
14	Warna Air	Hijau, Hijau Kecoklatan, Kuning Kecoklatan

Metode yang paling aman dan murah serta efektif dalam menjaga kualitas air budidaya adalah pergantian air (*water exchange*) selain aerasi. Beberapa tujuan pergantian air yaitu: dapat menjaga densitas fitoplankton, salinitas dapat disesuaikan, kandungan oksigen meningkat, kelebihan nutrien dari tempat budidaya dapat terbuang, dan sisa metabolisme ikut terbuang serta suhu media air dapat diatur. Pergantian air hendaknya dilakukan dengan menggunakan air yang kualitasnya baik dan memasukkannya sedikit demi sedikit agar tidak berefek pada ikan.

Bioremediasi merupakan salah satu tindakan yang juga berguna mendegradasi pencemaran lingkungan air dengan menggunakan organisme hidup terutama mikroorganisme. Penambahan satu jenis atau lebih mikroorganisme alami atau yang sudah mengalami perbaikan sifat merupakan proses bioremediasi secara bioaugmentasi. Penerapan bioremediasi keberhasilannya antara lain : konsentrasi amoniak dapat rendah dengan adanya optimalisasi proses nitrifikasi. Dapat menghilangkan kelebihan nitrogen dengan mengoptimalkan proses denitrifikasi, proses oksidasi sulfida dapat dilakukan dengan maksimal untuk pengurangan akumulasi hidrogen sulfida. Menekan akumulasi limbah organik dengan mineralisasi karbon menjadi karbondioksida dapat maksimal. Bioremediasi terbagi berdasarkan senyawa yang diuraikannya diantaranya: bioremediasi bahan organik, bioremediasi hidrogen sulfida dan bioremediasi senyawa nitrogen (Supono, 2018).

DAFTAR PUSTAKA

- Austin, B. (1999) "The effects of pollution on fish health," in *Journal of Applied Microbiology Symposium Supplement*. Tersedia pada: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2672.1998.tb05303.x>.
- Avnimelech, Y. (1999) *Biofloc technology. A practical guide book. The World Aquaculture Society Carbon:nitrogen ratio as a control element in aquaculture systems, Aquaculture*. Tersedia pada: <https://www.researchgate.net/publication/308052605>.
- Bambang Gunadi, R.F. dan Lamanto (2010) "Keragaan Kecernaan Pakan Tenggelam dan Terapung untuk Ikan Lele Dumbo (*Clarias gariepinus*) dengan dan tanpa Aerasi," *Prosiding Forum Inovasi Teknologi Akuakultur 2010* [Preprint].
- Cole, B.A. dan Boyd, C.E. (1986) "Feeding Rate, Water Quality, and Channel Catfish Production in Ponds," *Progressive Fish-Culturist*, 48(1), hal. 25–29. Tersedia pada: [https://doi.org/10.1577/1548-8640\(1986\)48<25:FRWQAC>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1577/1548-8640(1986)48<25:FRWQAC>2.0.CO;2).
- Hargreaves, J.A. dan C. S. Tucker (2004) "Managing Ammonia in Fish ponds," *SRAC Publication No. 4603*, hal. 8.
- Hidayat, D., Sasanti, A.D. dan Y. (2013) "Kelangsungan Hidup, Pertumbuhan dan Efisiensi Pakan Ikan Gabus (*Channa striata*) yang diberi Pakan Berbahan Baku Tepung Keong Mas (*Pomacea sp.*)," *Jurnal Akuakultur Rawa Indonesia*, 1(2), hal. 161–172.
- Mubaraq, A. *et al.* (2022) "Panduan Pembuatan Pakan Ikan." Universitas Negeri Makassar.
- National Research Council. (1993) *Nutrient Requirements of Fish*. National Academies Press. Tersedia pada: <http://www.nap.edu/catalog/2115.html> (Diakses: 22 Agustus 2023).

- Rahmatia, F. (2016) "Evaluasi Kecernaan Pakan Ikan Nila *Oreochromis niloticus* pada Tiga Stadia yang Berbeda," *Jurnal Satya Minabahari*, 1(02), hal. 43–51. Tersedia pada: <http://perikanan.usni.ac.id>.
- Supono (2015) *Manajemen Lingkungan untuk Akuakultur*, Plantaxia. Yogyakarta: Plantaxia.
- Supono (2018) *Manajemen Kualitas Air untuk Budidaya Udang*. Bandar Lampung: AURA (CV. Anugrah Utama Raharja).
- Usman (2017) *Panduan Pembuatan Pakan Ikan Berbahan Baku Lokal*. Maros.
- Yog, M. (2016) "Sistem Pencernaan pada Pisces," <https://www.biologiedukasi.com/2016/07/mengenal-lebih-dekat-sistem-pencernaan.html>.

BIODATA PENULIS



Dahlia Wulan Sari, M.Si

Dosen Program Studi Manajemen Sumber Daya Perairan
Fakultas Pertanian
Universitas Nahdlatul Ulama Kalimantan Barat

Lahir di Magelang pada tanggal 16 Mei 1985, penulis menempuh pendidikan S1 di Institut Pertanian Bogor pada Jurusan Ilmu dan Teknologi Kelautan. Tahun 2013 penulis menyelesaikan pendidikan S2 di universitas yang sama pada Jurusan Ilmu Kelautan.

Penulis bekerja sebagai *junior researcher* sejak tahun 2008-2014 di Pusat Penelitian Surfaktan dan Bioenergi - Institut Pertanian Bogor (SBRC-IPB). Selama bekerja penulis telah menerbitkan beberapa karya ilmiah baik dalam bentuk jurnal terakreditasi nasional dan internasional hingga buku referensi. Saat ini penulis bekerja di Universitas Nahdlatul Ulama Kalimantan Barat pada Program Studi Manajemen Sumber Daya Perairan. Beberapa mata kuliah yang diampu antara lain Biologi Perikanan, Fisiologi Hewan Air, Teknologi Hasil Perikanan hingga Dasar-Dasar Akuakultur.

BIODATA PENULIS



Dr. Sahabuddin, S.Kel., M.Si.

Lahir di (Pinrang) Sulawesi Selatan tanggal 6 Juni 1982, Pendidikan Dasar ditempuh di SDN 106 Pinrang, SLTP Neg 1 Suppa, dan SMU Neg 1 Parepare. Kemudian melanjutkan pendidikan S1 Jurusan Ilmu Kelautan (Selesai 2007), S2 Ilmu Perikanan (Selesai 2014) dan S3 Ilmu Pertanian (Selesai 2020) dengan judul Disertasi “Studi Biometrik dan Variasi Genetik serta Pola Distribusi dan Konektivitas Genetik Ikan Baronang Lingkis *Siganus Canaliculatus* Park, 1797 dalam Upaya Pelestarian Sumberdaya Genetik di Perairan Sulawesi Selatan” di Universitas Hasanuddin.

Saat ini penulis merupakan Dosen di Universitas Muhammadiyah Parepare pada Fakultas Pertanian, Peternakan, dan Perikanan. Selain mengajar penulis merupakan Asesor Kompetensi BNSP BNSP, rutin mengikuti kegiatan seminar nasional maupun Internasional sebagai pemakalah dan juga aktif melakukan penelitian, pengabdian kepada masyarakat dalam bentuk workshop/pelatihan sebagai pembicara yang didanai baik dari LLDikti, Dinas maupun dari BUMN. Hasil kajian dan pengabdian dituliskan kedalam berbagai buku, jurnal maupun menuliskan isu di media massa yang telah diterbitkan baik cetak maupun online. Dapat diakses melalui link <https://scholar.google.ca/citations?user=kul2y8IAAAJ&hl=en>.

e-Mail : assahab06@gmail.com

HP/Wa : 085242033443

BIODATA PENULIS



Dian Lestari, S.Pi., M.Si
Dosen Program Studi Budidaya Perairan
Fakultas Peternakan dan Perikanan
Universitas Sulawesi Barat

Penulis lahir di Mabbiring tanggal 25 September 1996. Penulis merupakan anak kedua dari empat bersaudara, pasangan Bapak H. Muh. Nur, SP. dan Ibu Hj. Nurlina. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Budidaya Perairan, Jurusan Perikanan, Fakultas Peternakan dan Perikanan, Universitas Sulawesi Barat. Penulis menyelesaikan pendidikan tingkat sekolah dasar di SDN 219 Mabbiring pada Tahun 2008, kemudian melanjutkan pendidikan di SMPN 1 Sibulue, selanjutnya di SMA Negeri 1 Unggulan Watampone pada Tahun 2011. Kemudian pada Tahun 2014 penuliskan melanjutkan pendidikan di Prodi Budidaya Perairan, Jurusan Perikanan, Universitas Hasanuddin dan selesai pada Tahun 2018 dan melanjutkan pendidikan S2 pada Prodi Magister Ilmu Perikanan Konsentrasi Budidaya Perairan, Universitas Hasanuddin pada Tahun 2019.

BIODATA PENULIS



Atika Marisa Halim, M.P., M. Sc

Dosen Program Studi Teknik Budidaya Perikanan (TBP) di
Politeknik Kelautan dan Perikanan Sidoarjo

Lahir di Sidoarjo tanggal 12 September 1993. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Teknik Budidaya Perikanan. Menyelesaikan pendidikan S1 di Universitas Brawijaya dan melanjutkan pendidikan Magister di Universitas Brawijaya dan National Pingtung University of Science and Technology, Taiwan. Penulis menggeluti bidang perikanan khususnya dalam keahlian penyakit ikan, pakan/nutrisi ikan dan budidaya perikanan.

 atikamarisa@gmail.com / atika.halim@kkip.go.id

 atika_marisa

BIODATA PENULIS



Annisa Bias Cahyanurani, M.P.

Staf Dosen Politeknik Kelautan dan Perikanan Sidoarjo
Program Studi Teknik Budidaya Perikanan

Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Teknik Budidaya Perikanan, Politeknik Kelautan dan Perikanan Sidoarjo. Penulis menyelesaikan pendidikan S1 pada program studi Manajemen Sumberdaya Perairan di Universitas Brawijaya serta menempuh Pendidikan S2 melalui program *double degree* pada program studi Budidaya Perairan di Universitas Brawijaya dan program studi Aquaculture di National Pingtung University of Science and Technology (NPUST). Saat ini penulis menekuni berbagai penelitian di bidang Budidaya Perikanan. Penulis merupakan pengampu mata kuliah Teknik Produksi Pakan Buatan, Teknik Produksi Pakan Alami, Ekologi Perairan, Dasar-Dasar Budidaya Perikanan dan Pengelolaan Lingkungan Budidaya Perikanan.

BIODATA PENULIS



Shobrina Silmi Qori Tartila, M.Si.

Dosen Program Studi Akuakultur
Fakultas Pertanian Universitas Tidar

Penulis dilahirkan di Kediri, 5 April 1995. Penulis menyelesaikan sarjana di Program Studi Budidaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Kelautan, Universitas Airlangga, Surabaya (2017) dan menyelesaikan magister di Program Studi Ilmu Akuakultur, Departemen Budidaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor (2020). Penulis kini merupakan dosen muda di Program Studi Akuakultur, Fakultas Pertanian, Universitas Tidar, Magelang sejak Maret 2022. Buku yang telah terbit antara lain *Pengantar Ilmu Perikanan* (2023), *Avertebrata Air: Teknis Observasi Laboratorium dan Lapang* (2023), dan *Teknologi Budidaya Perairan* (2023).

BIODATA PENULIS



Tina Purnamasari, S. Pi., M. Si

Dosen Program Studi Budidaya Ikan Politeknik Seruyan
Kabupaten Seruyan Kalimantan Tengah

Penulis lahir di Sidodadi, pada tanggal 01 September 1993. Wanita yang sering disapa Tina ini merupakan lulusan Strata 1 di Program Studi Budidaya Periran Fakultas Pertanian Universitas Lampung. Penulis meneruskan studinya di Sekolah Pasca Sarjana Program Studi Ilmu Akuakultur fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Institut Pertanian Bogor dengan bidang ilmu Nutrisi Ikan. Penulis setelah lulus menjadi Dosen Luar Biasa di Universitas PGRI Palembang pada tahun 2021 dan mengabdikan menjadi Dosen Luar Biasa di Politeknik Kepulauan Simeulue Aceh pada tahun 2021 hingga saat ini serta penulis menjadi Dosen Tetap Politeknik Seruyan Kalimantan Tengah. Buku ini merupakan buku ketiga yang penulis tulis, sehingga diharapkan karya-karyanya dapat bermanfaat bagi pembaca.

BIODATA PENULIS



Darsiani, S.Pi., M.Si.

Dosen Program Studi Akuakultur
Fakultas Peternakan dan Perikanan
Universitas Sulawesi Barat

Penulis lahir di Sulawesi Barat tanggal 31 Juli 1986, dari Ayahanda yang bernama Abdul Rauf Riasang dan Ibunda bernama Siti Khalifah. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Akuakultur, Jurusan Perikanan, Fakultas Peternakan dan Perikanan, Universitas Sulawesi Barat. Penulis menyelesaikan pendidikan Sekolah Dasar (SD) di SD Inpres 041 Tandassura, Polewali Mamasa, Sulawesi Barat pada tahun 1998. Sekolah Lanjutan Tingkat Pertama (SLTP) di SLTP Negeri 1 Tinambung, Polewali Mamasa, Sulawesi Barat dan menyelesaikan pendidikan pada tahun 2001. Sekolah Menengah Atas (SMA) di SMA Negeri 3 Majene, Banggae, Sulawesi Barat dan menyelesaikan pendidikan pada tahun 2004. Kemudian diterima masuk perguruan tinggi jenjang S1 di Universitas Hasanuddin pada Jalur Penjaringan Bebas Tes (JPBT) di Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan, Jurusan Perikanan, Program Studi Budidaya Perairan pada tahun 2004-2008 dan melanjutkan pendidikan S2 di Universitas Hasanuddin program studi Ilmu Perikanan pada tahun 2013-2015. Pada tahun 2018 melanjutkan pendidikan jenjang S3 di Institut Pertanian Bogor dengan spesifikasi bidang ilmu akuakultur sampai sekarang.

BIODATA PENULIS



Desi Rahmadani Siagian, S.Pi., M.Si.

Dosen Jurusan Budidaya Perairan
Fakultas Perikanan dan Kelautan Universitas Riau

Penulis lahir di Padang Gala-gala tanggal 31 Desember 1995. Penulis adalah dosen tetap pada Jurusan Budidaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Kelautan, Universitas Riau. Menyelesaikan pendidikan S1 pada Jurusan Budidaya Perairan di Universitas Riau dan melanjutkan S2 pada Jurusan Ilmu Akuakultur di IPB University. Saat ini, penulis menekuni bidang Nutrisi dan Makanan Ikan.

Kontak

- Email: desirahmadani@lecturer.unri.ac.id
- Instagram: [@desirahmadani_sgn](https://www.instagram.com/desirahmadani_sgn)

BIODATA PENULIS



Asep Akmal Aonullah, S.Pi., M.Si

Dosen Program Studi Teknik Budidaya Perikanan
Politeknik Kelautan dan Perikanan Sidoarjo

Penulis lahir di Lebak pada tanggal 26 November 1990. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Teknik Budidaya perikanan, Politeknik Kelautan dan Perikanan Sidoarjo. Penulis menyelesaikan Pendidikan S1 pada Program Studi Budidaya Perairan di Universitas Diponegoro dan melanjutkan Pendidikan S2 pada Program Studi Ilmu Akuakultur di Institut Pertanian Bogor. Penulis saat ini menekuni berbagai penelitian di bidang Budidaya Perikanan terutama pada kesehatan dan penyakit ikan serta budidaya udang vanname.

BIODATA PENULIS



Rudiansyah, S.Pi., M.Si.

Dosen Program Studi Ilmu Perikanan
Fakultas Ilmu Tanaman dan Hewani
Universitas Bina Insan

Penulis lahir di Desa Tanjung Baru tanggal 27 Maret 1991. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Ilmu Perikanan Fakultas Ilmu Tanaman dan Hewani Universitas Bina Insan yang terletak di Kota Lubuklinggau Sumatera Selatan. Penulis menyelesaikan pendidikan S1 pada Jurusan Budidaya Perairan Universitas Sriwijaya pada tahun 2013 dan melanjutkan S2 pada Jurusan Ilmu Akuakultur IPB University dan lulus pada tahun 2017. Buku Manajemen Pembuatan dan Pemberian Pakan Ikan ini merupakan buku ke-2 yang ditulis, buku pertama yang ditulis berjudul Manajemen Kualitas Air. Penulis mengampu mata kuliah diantaranya Nutrisi Ikan yang berfokus pada nutrisi pakan ikan, hal inilah yang menjadikan penulis sangat antusias dalam menyusun penulisan buku ini, besar harapan penulis agar tulisannya dapat dipahami dan menjadi ilmu yang bermanfaat.

BIODATA PENULIS



Dr. Wastu Ayu Diamahesa, S.Pi., M.Si.

Penulis lahir di Padang pada tanggal 1 Maret 1987, Sumatera Barat. Pendidikan sarjananya diselesaikan pada tahun 2010 di Institut Pertanian Bogor (IPB), melanjutkan Pendidikan pascasarjananya pada tahun 2013 dengan mendapatkan beasiswa BPPDN Dikti di kampus yang sama, selama menempuh Pendidikan magister, penulis aktif mengikuti kegiatan internasional seperti summer course pada September 2014 (IPB dan beberapa universitas di Jepang seperti Ibaraky University, Tokyo University Agriculture and Technology, Kagawa University, Ehime University, dan Tsukuba University) dan mendapatkan penghargaan sebagai presenter oral ketiga terbaik sehingga mendapatkan beasiswa BOPTN (Bantuan Operasional Perguruan Tinggi Negeri) untuk mengikuti Winter Course selama satu minggu di Ibaraky University pada Desember 2014.

Penulis mendapatkan beasiswa penuh pertukaran pelajar ke Kochi University untuk menjadi Research Student pada tahun 2015-2016. Setelah menyelesaikan program pertukaran sarjana tersebut, penulis mendapatkan gelar Master dan mendapatkan tawaran studi ke Ehime University dari Professor sebelumnya untuk S3 ke Jepang dengan beasiswa Pemerintah Jepang (Monbukagakusho). Penulis mendapatkan beasiswa Monbukagakusho menjadi Research Student pada tahun 2017

dan melanjutkan program doctor 2018-2021 dalam bidang akuakultur di Ehime University dengan beasiswa yang sama.

Saat ini, penulis tercatat menjadi Dosen pada Program Studi Budidaya Perairan, Universitas Mataram dan mengampu mata kuliah: Biokimia, Bahasa Inggris I, Bahasa Inggris II, Budidaya Pakan Alami, Dasar-Dasar Manajemen, Mikrobiologi Dasar, dan Metode Ilmiah. Penulis juga aktif dalam mengikuti kegiatan Tridarma Perguruan Tinggi seperti menulis dalam artikel ilmiah baik nasional maupun Internasional, serta kegiatan pengabdian. Saat ini penulis juga menjadi Reviewer di beberapa jurnal Nasional: DEPIK Unsyiah (Shinta 2), Intek Akuakultur (Shinta 4), Aquaculture Medium (Nasional), Journal of Aquatropica Asia (Nasional), dan Journal of Aquaculture Development and Environment (Nasional).

Penulis juga menjadi Konsultan atau Tim Ahli Perusahaan Perikanan berskala internasional PT. Defish Central Akuatik, Tim Ahli Pusat Unggulan Biosains dan Teknologi Fakultas MIPA, Universitas Mataram, Tim TIBUM (Tim Internasionalisasi dan Bilingualisasi) Universitas Mataram, Tim Kerjasama Internasional Universitas Mataram, Tim Gugus Penjamin Mutu Fakultas Pertanian Universitas Mataram, dan Tim Percepatan IKU Program Studi Budidaya Perairan (IKU 8). Selain itu, penulis juga aktif membina mahasiswa untuk mengikuti Lomba Karya Tulis Ilmiah dan Esai, serta Program Kreativitas Mahasiswa di Program Studi Budidaya Perairan, Universitas Mataram.

BIODATA PENULIS



Fauzia Nur

Penulis lahir di Pangkep tanggal 20 Agustus 1993. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Akuakultur/ Budidaya Perikanan Fakultas Peternakan dan Perikanan, Universitas Sulawesi Barat. Menyelesaikan pendidikan S1 pada Jurusan Budidaya Perairan di Universitas Muslim Indonesia pada tahun 2015 dan melanjutkan S2 pada Jurusan Ilmu Perikanan Universitas Hasanuddin pada tahun 2019. Penulis menekuni bidang Bioremediasi.