




TELAAH AKADEMIK
**PENGEMBANGAN INDUSTRI PERIKANAN BUDIDAYA
BERBAHAN BAKU PAKAN LOKAL MENUJU
KEMANDIRIAN PAKAN**

**TELAAH AKADEMIK
PENGEMBANGAN INDUSTRI
PERIKANAN BUDIDAYA BERBAHAN BAKU
PAKAN LOKAL MENUJU KEMANDIRIAN
PAKAN**

BADAN RISET DAN SUMBER DAYA MANUSIA
KEMENTERIAN KELAUTAN DAN PERIKANAN

AMaFRaD  PRESS



TELAAH AKADEMIK
PENGEMBANGAN INDUSTRI PERIKANAN BUDIDAYA
BERBAHAN BAKU PAKAN LOKAL MENUJU KEMANDIRIAN PAKAN

Penerbit : Amafrad Press

Alamat : Gedung Mina Bahari III Lt.6,
Jl Medan Merdeka Barat, Gambir, Jakarta Pusat

Dokumentasi : BRSDM, KKP

Editor : Wiko Rahardjo

Tata letak : Prayitno

Halaman : VIII + 86 Halaman

ISBN : 978-623-7651-93-2

e-ISBN : 978-623-7651-94-9 (PDF)

Hak Cipta dilindungi Undang-undang. Dilarang memperbanyak atau memproduksi sebagian maupun seluruh dari buku ini dalam bentuk atau cara apapun tanpa izin dari penerbit

Penyusun :

Prof. Ir. Sjarief Widjaja, Ph.D

(Kepala BRSDM)

Prof. Dr. Ir. Mas Tri Djoko Sunarno, MS.

(Tim Pakar Pakan Air Tawar)

Reza Samsudin, S.Pi, M.Si

(Tim Pakar Pakan Air Tawar)

Dr. Asda Laining, S.Pi, M.Sc.

(Tim Pakar Pakan Air Payau)

Dr. Ir. Usman, M.Si

(Tim Pakar Pakan Air Payau)

Prof. Dr. Ir. Nyoman Adiasmara Giri, M.S

(Tim Pakar Pakan Air Laut)

Sukarman S.Pi, M.Si

(Tim Pakar Pakan Ikan Hias)

Dr. Nina Meilisza, S.Pi., M.Si

(Tim Pakar Pakan Ikan Hias)



DAFTAR ISI

BAB I. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan	3
BAB II. PAKAN BUATAN DALAM KEGIATAN USAHA BUDIDAYA IKAN	5
2.1 Faktor Penentu Kualitas Pakan	5
2.2. Bahan Baku Pakan Ikan	7
2.2.1 Bahan Baku Untuk Pembuatan Pakan	9
2.2.2 Bahan Baku Alami (Ikan Segar)	11
2.2.3 Bahan Baku Pendukung	12
2.2.4 Suplementasi Pakan (Asam Amino)	13
2.2.5 Asam Lemak Esensial	25
2.2.6 Mikro Nutrien Esensial Lainnya	25
BAB III. FORMULASI PAKAN BERBAGAI JENIS IKAN	29
3.1 Komoditas Budidaya Air Payau	29
3.1.1 Jenis Pakan Ikan Pada Berbagai Fase Pertumbuhan Dan Jenis Ikan Air Payau	29
3.1.2 Formulasi Pakan Buatan Untuk Ikan Air Payau Berbaha	32
3.1.2.1 Formulasi Pakan Buatan Untuk Udang Windu (Penaeus Monodon)	32
3.1.2.2 Udang vaname, Litopenaeus vannamei	35
3.1.2.3 Ikan bandeng, Chanos chanos	38
3.1.2.4 Ikan baronang, Siganus guttatus	40
3.1.2.5 Kepiting bakau, Scylla olivacea dan Scylla serrata	42
3.1.2.6 Formulasi pakan Ikan Laut	44
3.1.2.7 Formulasi Pakan Ikan Air Tawar	48
3.1.2.8 Formulasi Pakan Ikan Hias	50

BAB IV. STRATEGI PENGEMBANGAN PAKAN MANDIRI	55
4.1 Penyediaan Peta Bahan Baku Pakan Ikan	55
4.2 Standarisasi Kualitas Bahan Baku Pakan Ikan	58
4.3 Kontinuitas Ketersediaan Bahan Baku	66
4.3.1 Jejaring Logistik Bahan Baku Pakan	66
4.3.2 Distribusi Dan Pemasaran Bahan Baku Pakan	69
4.4 Pengembangan Prototype Pakan Semi Industri	71
4.5 Penyusunan Regulasi Pendukung,	72
BAB V. PENUTUP	73
Lampiran	74
Daftar Pustaka	82



BAB I.


PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pakan merupakan faktor produksi penentu keberhasilan budidaya. Ditinjau dari komponen biaya produksi dalam usaha perikanan budidaya, pakan menyumbang nilai yang besar, yaitu sebesar 40-89 persen (Suprayudi, 2010). Pada level pembudidaya kecil dengan sistem budidaya yang masih konvensional, mahal nya harga pakan pabrikan menjadi faktor penghambat perkembangan usaha karena margin keuntungan yang diperoleh pembudidaya menjadi sangat kecil. Adapun dengan target produksi perikanan budidaya nasional di tahun 2024 yang mencapai 22,65 ton, di mana sebanyak 41,5 persen merupakan ikan dan udang, maka diperkirakan kebutuhan pakan untuk mencapai target tersebut adalah sebesar 12 - 13 juta ton.

Saat ini kebutuhan pakan untuk budidaya ikan masih sepenuhnya bergantung pada pakan pabrikan di mana harganya terus meningkat. Dari sisi lain, peningkatan harga ikan yang ditentukan secara sepihak ini disebabkan karena adanya monopoli usaha dalam memproduksi pakan ikan yang hanya dikuasai oleh industri pakan skala besar. Sementara itu, bahan baku pakan ikan yang sebagian besar hasil impor, menjadi penyebab mengapa kenaikan harga pakan tidak dapat sepenuhnya dikendalikan oleh pemerintah.

Penyediaan pakan mandiri merupakan program yang digagas Kementerian Kelautan dan Perikanan (KKP) guna menyediakan pakan lebih murah yang dapat dijangkau pelaku usaha dengan penggunaan bahan baku lokal yang tersedia di lokasi budidaya. Pakan mandiri menjangkau pembudidaya dengan sumber permodalan yang terbatas, sehingga pembudidaya mampu mendapatkan akses terhadap pakan dengan harga yang lebih terjangkau namun tetap dapat memacu pertumbuhan ikan dengan baik. Pada tahun 2019, KKP menargetkan produksi pakan mandiri yang cukup tinggi, yaitu sebesar 592.000 ton pakan (Rasidi dan Haryadi, 2016). Tentunya target tersebut akan semakin meningkat seiring dengan peningkatan target produksi ikan hasil budidaya.



Pakan ikan terdiri dari beberapa bahan baku dengan komposisi dan kandungan nutrisi yang telah ditentukan. Pakan digunakan untuk memenuhi kebutuhan nutrisi ikan. Secara umum, nutrisi yang terkandung dalam pakan antara lain adalah air, karbohidrat, protein, lemak, vitamin, dan mineral. Karbohidrat merupakan sumber energi yang memiliki peran penting bagi keberlangsungan hidup dan aktivitas ikan. Beberapa contoh sumber karbohidrat sebagai bahan baku pakan adalah jagung, dedak, *pollard*, dan terigu. Protein merupakan nutrisi yang penting dalam pertumbuhan dan perkembangan ikan. Beberapa contoh sumber protein yang menjadi bahan baku pakan ikan adalah bungkil kedele dan tepung ikan. Lemak merupakan nutrisi yang diperlukan dalam jaringan tubuh, selain itu juga berfungsi sebagai sumber energi. Beberapa contoh sumber lemak untuk bahan baku pakan ikan adalah minyak ikan dan minyak nabati. Mineral, air, dan vitamin sangat diperlukan oleh ikan dalam proses metabolisme. Beberapa mineral bahkan saling membutuhkan dengan air untuk proses metabolisme ikan. Fungsi air dalam tubuh ikan hampir sama dengan fungsinya pada tubuh manusia, dibutuhkan dalam proses transportasi nutrisi dan sebagai pelarut dalam saluran pencernaan.

Faktanya, berbagai jenis pakan digunakan oleh pembudidaya mulai dari pakan alami, sampai pada pakan buatan. Pada kegiatan budidaya laut skala kecil/masyarakat masih cenderung menggunakan pakan segar (rucah) sebagai pakan ikan dengan alasan harga dan pertumbuhan ikan lebih baik. Meski kadang-kadang juga dikombinasikan dengan pakan buatan (pelet). Untuk usaha dengan skala lebih besar, ketersediaan pakan pelet menjadi sangat penting. Selama ini kebutuhan pakan pelet masih disuplai dari pabrik pakan komersial. Ke depan, program pengembangan budidaya ikan berbasis kawasan membutuhkan ketersediaan pakan yang cukup pada masing-masing kawasan tersebut. Dengan demikian pengembangan pakan mandiri berbasis kawasan perlu dirintis pengembangannya. Untuk mengembangkan pakan mandiri dibutuhkan strategi yang tepat, seperti dengan melakukan pemetaan masalah dan mencari solusi terhadap permasalahan tersebut. Sebelum mengembangkan pakan mandiri, perlu dilakukan pemetaan produksi budidaya ikan dan produksi bahan baku. Pemetaan dapat dilakukan dengan membagi area/kawasan sebagai sentra-sentra budidaya, baik ikan tawar, payau, maupun laut. Selanjutnya, melakukan standarisasi kualitas dengan menetapkan kualitas bahan baku yang akan dikembangkan dalam sentra-sentra pakan mandiri. Standarisasi kualitas bahan baku dapat dimulai dari tahapan seleksi bahan baku, penanganan bahan baku, pengolahan, dan penyimpanan. Hal ini dapat dibuat dalam satuan Standar Operasional Prosedur (SOP) untuk menjamin kualitas pakan yang baik.

Pengembangan pakan mandiri masih memiliki masalah dengan kuantitas dan kualitas. Dalam rangka menjamin kontinuitas dan ketersediaan bahan baku pakan, maka strategi pengembangan pakan mandiri harus diarahkan melalui inventarisasi dan koleksi data bahan baku, kuantitas, serta waktu ketersediaan. Pelaku pakan mandiri dalam hal ini produsen pakan mandiri harus dijamin keberlangsungan produksinya melalui kontinuitas dan ketersediaan bahan baku. Pemetaan bahan baku lokal dan sentra budidaya di sekitarnya merupakan suatu bagian penting yang tidak dapat terpisahkan antara keduanya.

Pengembangan pakan mandiri berbasis bahan baku dan kearifan lokal dapat meningkatkan daya saing budidaya ikan di masyarakat. Masyarakat pembudidaya dapat benar-benar menggunakan pakan lokal secara masif dan maksimal sehingga pakan mandiri dapat berkembang dengan baik di masyarakat. Daya saing yang dimaksud adalah produk pakan mandiri harus lebih kompetitif dalam harga, yakni harus lebih murah dibandingkan pakan pabrikan dengan tidak mengurangi kualitasnya. Penggunaan bahan-bahan lokal, *by product*, bahan murah, mudah, dan bahan tersedia akan memangkas biaya transportasi maupun pajak impor sehingga hal ini sangat memungkinkan harga pakan yang lebih murah. Pembudidaya yang menggunakan bahan baku lokal atau yang berbasis organik juga patut diberikan apresiasi dengan meningkatkan nilai tambah dan harga jual produk ikan sebagai produk organik sehingga harga jual ikan meningkat. Isu lingkungan juga dapat dijadikan sebagai sarana strategi pemasaran yang efektif mengingat bahan lokal atau bahan berbasis tanaman umumnya lebih ramah terhadap lingkungan dari cemaran nitrat dan fosfat yang berasal dari nutrien protein pakan.

Pengembangan pakan mandiri berbasis kawasan memerlukan berbagai upaya yang harus dibangun. Di antaranya, data dan informasi terkait ketersediaan bahan baku pakan di lokasi, sarana prasarana pendukung seperti gudang bahan baku, unit pengolahan pakannya serta strategi mencukupi bahan baku yang dibutuhkan.

1.2 Tujuan

Tujuan pembuatan telaah akademik ini adalah untuk memberikan gambaran strategi pengembangan pakan mandiri untuk budidaya ikan di Indonesia.



BAB II.

PAKAN BUATAN

DALAM KEGIATAN USAHA BUDIDAYA IKAN

2.1 Faktor Penentu Kualitas Pakan

Dalam budidaya ikan, asupan nutrisi yang diberikan harus mampu memenuhi kebutuhan ikan agar produksi dan produktivitasnya maksimal. Ketidakmampuan ikan dalam memanfaatkan nutrisi yang terkandung dalam pakan kemungkinan disebabkan ikan dalam kondisi yang kurang sehat atau terdapat zat anti nutrisi yang menghambat proses pencernaan dan penyerapan nutrisi pakan oleh ikan. Pakan dengan kualitas rendah akan mengganggu pertumbuhan dan kesehatan ikan. Faktor penentu kualitas pakan antara lain adalah pencernaan, ketersediaan, keseimbangan, kompetisi, dan ketengikan.

a. Kecernaan (*digestibility*)

Kecernaan adalah banyaknya nutrisi yang terkandung dalam pakan yang tidak diekskresikan ke dalam feses. Tinggi rendahnya pencernaan pakan menentukan seberapa besar kandungan nutrisi dalam pakan yang dapat dicerna oleh ikan (Anggorodi, 2004). Kecernaan merupakan persentase nutrisi yang diserap dalam saluran pencernaan dengan melihat selisih antara jumlah nutrisi pakan dengan jumlah nutrisi yang dikeluarkan dalam feses.

Kecernaan dapat digunakan sebagai cara untuk menentukan kualitas pakan. Semakin tinggi nilai pencernaan maka kualitas pakan semakin baik. Karena semakin tinggi nilai pencernaan pakan artinya semakin banyak nutrisi pakan yang dapat dicerna oleh ikan. Jika kandungan nutrisi suatu pakan tinggi namun kecernaannya rendah, artinya pakan tersebut berkualitas rendah karena nutrisi yang terkandung dalam pakan tersebut tidak dapat dicerna dengan baik oleh ikan. Nilai pencernaan ditentukan melalui uji pencernaan. Metode yang dikemukakan oleh Watanabe (1981) banyak digunakan sebagai acuan untuk mengukur pencernaan pakan pada ikan.

b. Ketersediaan (*availability*)

Ketersediaan atau *availability* berhubungan dengan banyaknya nutrisi yang telah dicerna, yang dapat diserap dan dimanfaatkan untuk metabolisme dan pertumbuhan ikan. Faktor ketersediaan pakan penting untuk diperhatikan karena berhubungan dengan kualitas pakan. Semakin tinggi ketersediaan pakan, maka kualitas pakan semakin bagus. Adapun faktor yang mempengaruhi ketersediaan (*availability*) pakan antara lain adalah pemanasan yang terlalu tinggi, penyimpanan yang terlalu lama, kekurangan pelarut yang akan mempengaruhi ketersediaan vitamin dan adanya keterikatan dengan senyawa lain.

c. Keseimbangan (*balance*)

Keseimbangan pakan adalah keseimbangan jumlah dan proporsi nutrisi yang terkandung dalam pakan dengan tujuan memenuhi kebutuhan fisiologis, reproduksi, dan produksi ikan. Pakan dengan komposisi nutrisi yang seimbang mampu memberi asupan nutrisi yang berbeda secara proporsional bila diberikan pada ikan dalam jumlah yang tepat.

Pakan yang seimbang adalah pakan yang mengandung semua nutrisi dalam kuantitas, kualitas serta perbandingan yang cukup untuk memenuhi kebutuhan nutrisi yang diperlukan oleh ikan sesuai dengan tujuan pemeliharaan. Pakan yang seimbang dapat dibuat dengan menganalisis komposisi nutrisi seluruh bahan baku yang akan digunakan dalam pembuatan pakan. Dengan demikian kekurangan salah satu nutrisi dari suatu bahan baku dapat ditutupi oleh bahan baku lain yang digunakan dalam pakan tersebut.



d. Kompetisi (*competition*)

Kompetisi adalah suatu kondisi di mana terjadi reaksi antara dua atau lebih nutrisi yang terdapat dalam suatu media, yang berakibat mengurangi kualitas pakan. Kompetisi ini dimungkinkan oleh kesalahan dalam menentukan bahan baku pakan yang sebenarnya tidak bisa disatukan sehingga berakibat merusak yang lainnya. Atau, nutrisi yang terkandung dalam salah satu bahan pakan bersifat anti nutrisi dan mengikat nutrisi dari bahan baku pakan lainnya, sehingga tidak dapat dimanfaatkan oleh ikan.

d. Ketengikan (*rancidity*)

Ketengikan pakan adalah kondisi pakan yang disebabkan oleh kerusakan lemak akibat terjadinya reaksi oksidasi dari asam lemak. Bahan baku dengan kandungan lemak yang tinggi seringkali menyebabkan ketengikan pada bahan baku maupun pakan. Nilai peroksida di atas 10 dianggap tidak aman dan mengindikasikan terjadinya ketengikan pakan. Adanya sifat ketengikan pada pakan akan mengakibatkan beberapa dampak negative. Antara lain menurunkan palatabilitas, menurunkan nilai gizi, dan menyebabkan keracunan. Kondisi iklim yang panas dan lembab akan meningkatkan potensi ketengikan oksidatif yang terdiri atas 2 (dua) jenis, yaitu ketengikan hidrolitik yang dihasilkan dari aktivitas mikro organisme terhadap lemak dan menyebabkan proses hidrolisis sederhana dari lemak menjadi asam lemak, di-gliserida, mono-gliserida, dan gliserol. Ketengikan hidrolitik tidak mempengaruhi nilai nutrisi. Ketengikan yang kedua adalah peroksidasi lemak yang menyebabkan pembentukan radikal bebas pada ikatan tak jenuh akibat pemisahan hidrogen dari asam lemak tak jenuh. Hal ini akan menurunkan nilai energi lemak. Reaksi tersebut dipercepat dengan adanya mineral yang terkandung dalam oksigen bebas di udara.

Teknik yang dapat dilakukan untuk mencegah ketengikan antara lain adalah penyimpanan pakan dalam ruang kedap udara untuk mencegah oksidasi yang menyebabkan ketengikan, penambahan antioksidan pada pakan, dan pengeringan sempurna.

2.2. Bahan Baku Pakan Ikan

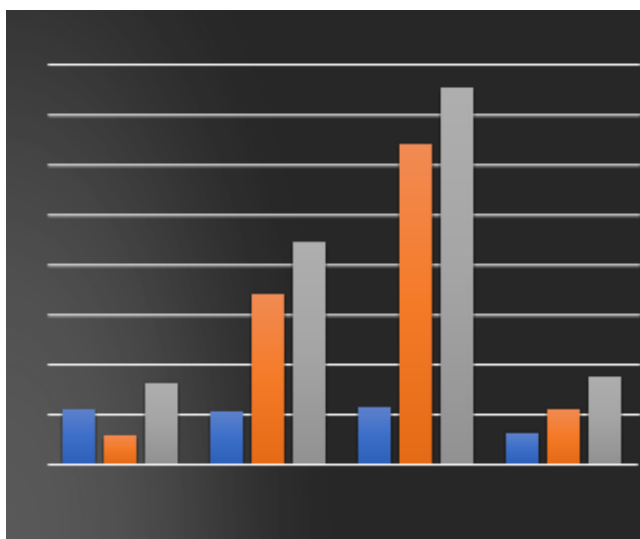
Bahan Baku pakan terdiri dari berbagai kandungan nutrisi seperti protein, lemak, asam amino, vitamin, dan mineral. Potensi bahan baku lokal di Indonesia cukup tersedia mulai dari sumber protein, lemak, dan asam amino. Namun kenyataannya kualitas, kuantitas, serta kontinuitasnya masih belum dapat dipenuhi sepanjang tahun. Untuk mengatasi hal tersebut, maka kebutuhan bahan baku pakan ikan tersebut dipenuhi melalui impor untuk mendukung kontinuitas serta kualitasnya. Dari data impor bahan baku pakan ikan tercatat bahwa selama lima tahun terakhir angka impor untuk bahan pakan ikan ini terus terutama untuk kebutuhan soybean dan fish meal. Pada Tabel-1 di bawah dapat dilihat masing-masing bahan baku jumlah yang diimpor untuk kebutuhan dalam negeri.

Tabel 1. Volume Impor Bahan Baku Pakan Ikan (MT) Tahun 2016 – 2020

Jenis Bahan Baku	Tahun					Persentase
	2016	2017	2018	2019	2020	
<i>Soybean</i>	221.476,16	270.205,93	175.814,44	246.938,51	282.877,36	53,40
<i>Fish Meal</i>	43.280,16	72.978,52	112.469,80	99.572,67	104.760,09	19,78
<i>Wheat</i>	95.773,39	63.983,38	78.298,21	107.649,99	48.617,60	9,18
<i>Fish/Squid Paste/Powder</i>	28.929,68	30.444,15	30.194,40	28.178,95	2.073,15	0,39
Lain-lain **)	28.320,93	10.583,81	7.215,83	10.898,68	13.300,12	2,51
<i>Oil</i>	7.011,93	11.823,69	12.641,61	13.217,49	9.052,87	1,71
Vitamin/Mineral	3.817,85	3.777,41	1.115,00	961,50	723,50	0,14
<i>Yeast</i>	3.560,88	2.740,40	4.312,25	1.556,78	1.499,33	0,28
<i>Crustacean/Squid Meal</i>	1.813,80	1.031,50	1.877,31	1.934,43	31.014,38	5,85
<i>Corn</i>	325,00	18.591,42	27.070,99	36.057,74	35.831,82	6,76
Jumlah	434.309,77	486.160,21	451.009,85	546.966,73	529.750,21	100,00
Jumlah Surat Keterangan Teknis (SKT yang Diterbitkan (Dokumen)	1.927	2.205	2.349	2.534	2.510	

Sumber: Direktorat Jenderal Perikanan Budidaya, 2021

Selain bahan baku untuk pembuatan pakan ikan, maka impor dilakukan untuk pakan dan udang untuk kebutuhan budidaya ikan dalam negeri. Sama halnya dengan bahan baku pakan ikan, impor pakan ikan dan udang juga meningkat setiap tahun mulai dari tahun 2017-2020.



Gambar 1. Impor Pakan Ikan dan Udang (Sumber: DJPB,2021)

Tabel-2. Impor Pakan Ikan dan Udang 2017-2020

Jenis	2017	2018	2019	2020
Pakan Ikan (Ton)	5.333,20	5.081,11	5.592,84	3.119,14
Pakan Udang (Ton)	2.729,01	17.016,31	31.948,01	5.480,61
TOTAL (Ton)	8.062,21	22.097,42	37.540,85	8.599,75

Tidak hanya bahan baku pakan serta pakan udang, untuk kebutuhan pakan untuk larva berupa artemia, Indonesia juga masih mengandalkan dari impor. Bahkan angka impor artemia mengalami perkembangan yang terus meningkat mulai dari tahun 2016 sampai 2020.

Tabel-3. Impor Artemia Tahun 2016-2020

Tahun	Jumlah (ton)	Nilai (USD)
2016	100,14	3274543,96
2017	113,86	4038471,81
2018	150,92	7.303.998,53
2019	230,93	7.097.473,23
2020	194,25	7.270.519,44

Sumber: DJPB 2021

2.2.1 Bahan Baku Untuk Pembuatan Pakan

Bahan baku utama dalam pembuatan pakan ikan adalah bahan yang memberi kontribusi besar terhadap kandungan nutrisi utama pakan, yaitu sumber protein (termasuk asam amino penyusunnya, esensial dan non-esensial), lemak (termasuk asam lemak esensial, fosfolipid), dan karbohidrat. Pakan ikan dalam bentuk pelet disusun dari beberapa jenis bahan untuk menciptakan bentuk yang kompak dengan kandungan nutrisi yang sesuai bagi kebutuhan ikan budidaya. Beberapa bahan baku utama yang dibutuhkan dalam pembuatan pakan pelet untuk komoditas budidaya air payau dengan fungsi masing-masing sebagai sumber protein, sumber lemak, sumber karbohidrat, perekat, vitami, dan mineral.

a. Sumber Bahan Baku Utama Pakan Ikan

Sumber protein hewani merupakan salah satu bahan baku yang sangat penting dalam pembuatan pakan pelet karena pakan ikan umumnya membutuhkan kandungan protein yang cukup tinggi dibandingkan hewan darat lainnya. Ikan membutuhkan protein yang

tinggi dalam pakannya karena protein selain digunakan sebagai zat pembangun tubuh, ikan juga banyak menggunakan protein sebagai sumber energi.

Tabel-4. Sumber Bahan Baku dan Kandungan Bahan Baku Ikan

Kandungan Bahan Baku	Sumber Bahan Baku
Sumber Protein hewani	Tepung ikan, tepung kepala udang, tepung tulang, tepung daging dan tepung limbah unggas,
Sumber Protein Nabati	Tepung kedelai, tepung bungkil kedelai, Tepung bungkil kopra hasil fermentasi (khususnya untuk ikan herbivora)
Sumber Lemak	Minyak ikan, minyak cumi, Minyak kegede, minyak zaitun, minyak jagung, minyak kelapa sawit
Sumber Karbohidrat	Dedak halus, Tepung jagung, Limbah pengolahan mi, Rumput laut (<i>Gracilaria</i> , <i>Sargassum</i> , <i>Ulva</i> , dll), Bungkil kelapa sawit, tepung tapioka, ampas tahu, Rumput gosse (<i>Ceratophyllum</i> sp)
Perekat	Kanji (tepung tapioka), rumput laut
Bahan tambahan (additif)	Betaine, Kalsium Fosfat, <i>Carophyl pink</i> (carotenoid)

Salah satu sumber protein hewani yaitu ikan rucah. Ikan rucah yang digunakan sebagai pakan tidak hanya berupa ikan, namun juga moluska dan krustasea yang tersedia di lokasi. Contohnya yaitu ikan layang, lemuru, makarel atau jenis-jenis ikan pelagis lain yang ketersediaannya melimpah pada musim-musim tertentu, serta kepiting, kerang, siput atau udang. Moluska dan krustasea banyak diberikan sebagai pakan dalam budidaya lobster. Sedangkan ikan diberikan sebagai pakan untuk budidaya kerapu, kakap, dan lobster.


Penyediaan ikan rucah berupa ikan segar, kerang, udang dan kepiting sebagai pakan lobster masing-masing diperkirakan sebesar 51,298 ribu ton, 15,198 ribu ton, 7,220 ribu ton serta kepiting sebesar 126 ton. Sementara itu kebutuhan ikan sebagai bahan baku pembuatan tepung ikan bagi pakan ketiga komoditas itu adalah sebesar 67,910 ribu ton.

Berdasarkan data hasil studi yang dilakukan oleh Direktorat Pakan dan Obat Ikan, Direktorat Jenderal Perikanan Budidaya KKP, potensi produksi tepung ikan di Indonesia mencapai 140.000 ton / tahun. Sumber tepung ikan, selain berasal dari ikan hasil tangkapan yang berkualitas rendah, juga berasal dari hasil samping pengalengan tuna, pengalengan ikan (makarel, scand, sarden, dan lain-lain), pengolahan surimi, dan pengolahan ikan filet serta tuna loin. Pengalengan ikan sebagian besar berasal dari jenis ikan pelagis.

2.2.2 Bahan Baku Alami (Ikan Segar)

Pada kegiatan budidaya kepiting bakau, umumnya masih digunakan pakan segar baik pada pemeliharaan dan pematangan induk, maupun pada kegiatan pembesarannya. Penelitian tentang penggunaan pakan buatan dalam pemeliharaan induk kepiting bakau sudah dilakukan baik dalam bentuk pakan pelet kering maupun *moist* pelet, namun memberikan hasil yang lebih baik secara signifikan dengan pakan alami atau pakan segar. Oleh karena itu, inovasi tentang perbaikan performansi reproduksi kepiting dengan penggunaan pakan buatan masih perlu dilakukan.

Bahan baku alami/segar yang sering digunakan dalam pemeliharaan induk kepiting bakau ini adalah ikan rucah segar, daging tiram, dan cumi-cumi. Pakan segar ini diberikan kepada induk kepiting bakau secara satiasi atau sekitar 10 persen dari biomassa per hari. Penggunaan ketiga jenis pakan segar tersebut dilakukan secara bergiliran setiap hari. Sementara dalam pemeliharaan larva kepiting bakau digunakan pakan alami berupa *nannochloropsis*, *artemia*, dan *micro-diet*. Pada kegiatan pendederan, *krablet* kepiting bakau sudah dapat menggunakan pakan pelet dengan seperti formulasi seperti yang dilaporkan oleh Usman *et al.*, (2016). Selain bisa menggunakan pakan ikan segar dan udang rebon. Pada kegiatan pembesaran kepiting bakau juga masih menggunakan ikan rucah. Uji coba penggunaan pelet kering dalam pembesaran kepiting bakau juga telah dilakukan, namun performansi pertumbuhan kepiting bakau masih belum bisa melebihi penggunaan pakan ikan rucah segar. Pakan pelet untuk pembesaran kepiting bakau ini perlu memiliki karakteristik fisik yang khusus karena sifat kepiting yang memegang pakan menggunakan capit, sehingga ukuran pakan harus lebih besar dibandingkan pakan ikan dan udang pada umumnya. Demikian juga, respon kepiting bakau terhadap pakan buatan relatif lambat, sehingga ketahanan pakan dalam air juga harus lebih lama, khususnya jika kepiting dipelihara di dalam tambak.



Pada pemeliharaan induk udang windu di *hatchery* juga digunakan pakan segar. Pakan segar yang digunakan dalam pemeliharaan induk udang windu antara lain, cumi segar, cacing laut, hati sapi, dan daging kerang. Penggunaan pakan segar ini sekitar 20 persen dari bobot biomassa induk per hari. Cacing laut diberikan pada pagi hari sebanyak 30 persen, cumi segar pada siang hari sebanyak 50 persen, dan hati sapi pada malam hari sebanyak 20 persen. Daging kerang karena bersifat musiman, sehingga biasanya digunakan sebagai pengganti hati sapi. Penggunaan pakan pelet kering dan *moist* pelet juga telah dicobakan dalam pemeliharaan induk udang windu ini, namun bersifat pelengkap. Pada pemeliharaan larva udang windu digunakan pakan alami berupa *Chaetoceros calcitrans*, *Skletomena costatum*, *Nauplii artemia*, dan *micro-diet*.

2.2.3 Bahan Baku Pendukung

Bahan baku pendukung adalah bahan baku yang dibutuhkan dalam jumlah kecil sebagai pelengkap dalam formulasi pakan. Sebagai contoh, bahan baku pendukung dalam pengembangan budidaya komoditas laut antara lain tepung kepala udang, tepung terigu, dan dedak halus. Tepung terigu serta dedak halus biasanya dapat diperoleh dengan mudah di sekitar lokasi budidaya. Tepung dedak halus dihasilkan sebanyak 2,5 persen dari gabah kering. Dedak padi merupakan hasil ikutan proses penggilingan padi menjadi beras. Berdasarkan SNI 3178:2013, komposisi kandungan nutrisi dedak padi digolongkan dalam 3 (tiga) tingkatan mutu, yaitu mutu I, mutu II, dan mutu III. Persyaratan mutu nutrisi dedak padi yaitu: 1) Kadar air maksimum (%): 13,0; 2) Abu maksimum (%): 11,0 (mutu I), 13,0 (mutu II), dan 15,0 (mutu III); 3) Protein kasar minimum (%): 12,0 (mutu I), 10,0 (mutu II), dan 8,0 (mutu III); 4) Serat kasar minimum (%): 11,0 (mutu I), 14,0 (mutu II), dan 16,0 (mutu III); dan 5) Lemak maksimum (%): 15,0 (mutu I), 20,0 (mutu II), dan 20,0 (mutu III) (BSN 2013). Pada budidaya komoditas air tawar, pemanfaatan dedak halus sudah banyak dilakukan. Namun pada komoditas laut pemanfaatannya sangat terbatas, sebab karakteristik ikan laut yang merupakan ikan karnivora menyebabkan kemampuan ikan dalam memanfaatkan bahan nabati sangat rendah.


Tepung kepala udang berasal dari limbah kepala udang yang dihasilkan dari industri pengolahan udang. Kandungan protein tepung limbah kepala udang sangat bervariasi antara 25-50 persen, tergantung pada jenis udang dan tempat hidupnya (Perkasa dan Sudjarwo, 2019). Proporsi kepala dan kulit udang sebesar 30-40 persen dari bobot udang, menjadikan tepung kepala udang sangat prospektif digunakan sebagai bahan baku pakan ikan. Apalagi produksi udang cenderung selalu meningkat

2.2.4 Suplementasi Pakan (Asam Amino)

Perspektif suplementasi asam amino

Asam amino (AA) memainkan peran penting dan serbaguna pada ikan nutrisi dan metabolisme. Fungsi-fungsi ini termasuk sel signaling (misalnya, NO, arginin, glutamine, leucine, proline, dan poliamina); stimulasi nafsu makan (misalnya alanin, glutamat, prolin, dan serin); regulasi pertumbuhan dan perkembangan (misalnya, arginin, glutamin, hidroksprolin, leusin, dan T⁴); pemanfaatan energi (misalnya NO, T⁴, dan karnitin); kekebalan (misalnya, NO, arginin, glutamine, dan dopamine); Osmoregulasi (misalnya, glisin, taurin, b-alanin, dan arginin); detoksifikasi amonia (mis., glutamat, glutamin, dan sitrulin); pertahanan antioksidan (misalnya, glutathione, sistein, glutamin, glisin, dan taurin); metamorfosis (misalnya, tirosin, T⁴, dan GABA); pigmentasi (misalnya, T⁴ dan melanin); perkembangan usus (misalnya, taurin, glutamin, arginin, treonin, dan poliamina); perkembangan saraf (misalnya, NO, arginin, taurine, dan creatine); respons stres (misalnya, triptofan, serotonin, rantai cabang AA dan glutamin); reproduksi (misalnya NO, poliamina, arginin, melatonin, dan hidroksprolin); dan penindasan perilaku agresif (misalnya, triptofan dan serotonin) pada hewan air. Selain itu, AA tertentu (glutamat, histidin, dan glisin) mempengaruhi rasa, tekstur, dan bahkan kualitas filet ikan laut. Suplementasi diet AA atau *derivatives*, modulasi metabolisme, atau kombinasi dari keduanya dapat memberikan strategi baru untuk mengembangkan AA yang seimbang dalam pakan untuk mengimbangi dampak lingkungan pada spesies akuakultur, meningkatkan kinerja pertumbuhan, dan profitabilitas industri akuakultur. Bukti kuat menunjukkan hal itu suplementasi makanan L -lysine HCl, DL -methionine, treonin, dan triptofan untuk mengkompensasi kekurangan AA dalam bahan nabati, sangat hemat biaya untuk banyak jenis ikan. Selain itu, mencapai tingkat skala besar arginin dan glutamin sangat menjanjikan untuk pertumbuhan dan manajemen kesehatan dalam budidaya. Dekade mendatang akan menyaksikan kemajuan berkelanjutan dalam teknologi nutrisi AA dan aplikasinya untuk merumuskan pakan ikan berorientasi fungsi dan lingkungan.

Asam amino (AA) adalah bahan utama penyusun protein. AA secara tradisional diklasifikasikan sebagai nutrisi esensial (sangat diperlukan) dan non-esensial (dapat diproduksi dalam tubuh ikan) untuk ikan. AA penting adalah AA yang tidak dapat disintesis atau tidak disintesis secara cepat oleh hewan relatif terhadap kebutuhan. AA esensial bersyarat harus disediakan dari makanan dalam kondisi di mana tingkat pemanfaatan lebih besar dari tingkat sintesis. Menurut definisi, semua AA yang tidak penting bisa jadi disintesis secara memadai oleh hewan air. Protein adalah bahan utama dan termahal yang diformulasikan dalam pakan ikan (Wilson *et al.*, 2002). Tepung ikan umumnya dianggap paling sumber



protein ideal untuk organisme akuatik, meskipun bersifat produksi global statis, memiliki variabilitas musiman/ geografis dalam kualitas dan komposisi, dan perhatian diduga sebagai vektor kontaminasi beberapa penyakit ikan (Trushenski *et al.*, 2006).


Selama beberapa dekade terakhir, penggunaan tepung ikan telah meningkat pesat dalam budidaya dan permintaan global. Sehingga berdampak terhadap harga dan persaingan untuk bahan pakan yang berharga ini. Dengan meningkatnya minat pada sumber protein non-tepung ikan untuk pakan ikan, penting untuk mempertahankan tingkat yang sebanding asupan pakan, efisiensi - konversi pakan, serta tingkat pertumbuhan dan kelangsungan hidup ikan. Oleh karena itu, pemenuhan kebutuhan optimal AA dalam pakan dan karakterisasi sumber protein/ AA alternatif telah menjadi fokus utama riset nutrisi ikan. Beberapa hasil riset pada organisme akuatik dan hewan darat menunjukkan bahwa banyak AA mengatur kunci jalur metabolik yang penting untuk pemeliharaan, pertumbuhan, reproduksi, dan respon imun. Mereka disebut " AA fungsional ". Identifikasi dan suplementasi AA tersebut secara aktif termasuk untuk metabolisme biologis diharapkan dapat mengimbangi efek samping penggantian tepung ikan dalam pakan ikan. Oleh karena itu perlu pertimbangan penggunaan berbagai bahan baku pakan dan imbalan asam amino untuk meningkatkan pertumbuhan ikan. Satu hal yang menarik, prinsip " biaya terendah " dari formulasi pakan ikan telah ada berkembang dalam beberapa tahun terakhir menjadi pakan ikan yang mengarah pada konsep " pakan ikan fungsional " dan " pakan ikan berorientasi lingkungan " untuk meningkatkan pertumbuhan ikan, meningkatkan efisiensi budidaya serta mendorong usaha budidaya berkelanjutan.

Pakan ikan fungsional didefinisikan sebagai pakan yang dilengkapi dengan bahan khusus untuk mencapai efisiensi yang diinginkan untuk transformasi metabolisme, kinerja pertumbuhan, kesehatan, dan/ atau ciri komposisi organisme budidaya pada berbagai tahap perkembangan. Pakan ikan berorientasi lingkungan didefinisikan sebagai pakan yang dimodifikasi untuk meminimalkan dampak negatif dari perubahan lingkungan (termasuk salinitas, amonia, suhu ekstrim, dan penyebab stres penanganan budidaya) terhadap pertumbuhan, kesehatan, dan reproduksi ikan. Baik pakan ikan fungsional maupun pakan berorientasi lingkungan dirancang untuk memenuhi kebutuhan industri (skala besar dan pakan mandiri) dan konsumen pakan dalam hal ini pembudidaya. AA berpotensi menjadi bahan penting untuk kedua jenis pakan tersebut. Bagian dari telaah akademik ini merangkum informasi terkini tentang peran AA dalam nutrisi ikan dan mengusulkan strategi baru untuk memandu produksi pakan ikan yang memiliki keseimbangan AA.

Ada kesulitan teknis dalam penggunaan kristal AA untuk pakan ikan. Perhatian utama adalah proses larutnya AA bebas ke dalam lingkungan air, serta degradasinya oleh enterosit dan / atau mikroflora di saluran pencernaan (Wu, 1998). Kedua, perbedaan kecepatan usus absorpsi antara AA sintetik dan yang terikat protein mungkin mengurangi efisiensi kristal AA (Murai *et al.*, 1982). Berbagai macam proses pengikatan mikro telah dilakukan dikembangkan untuk memperbaiki masalah ini. Namun, sebagian besar metode yang tersedia terdaftar atau dipatenkan. Selain itu, mungkin ada respons khusus spesies terhadap proses mikroenkapsulasi. Misalnya, pencampuran dengan lipid mengakibatkan rendahnya pemanfaatan arginin oleh abalon yang mungkin dikarenakan aktivitas lipase yang rendah di usus abalon dan kegagalan berikutnya untuk menurunkan lapisan partikel lemak - arginin (Britz *et al.*, 1997). Ketiga, menambahkan AA ke pakan ikan (terutama makanan yang dimurnikan) dapat mempengaruhi keseimbangan asam dan elektrolit, rasio AA di usus lumen dan plasma, serta pencernaan dan penyerapan nutrisi. Keempat, reaksi Maillard dalam proses ekstrusi pakan secara substansial dapat mengurangi ketersediaan hayati AA bebas, terutama lisin dan arginin (Csapó *et al.*, 2008). Kelima, jalur metabolisme AA dan pengaturannya oleh faktor saraf, endokrin, dan lingkungan di perairan hewan kurang dipahami, oleh karena itu membatasi perkembangan pengoperasian sarana pemacu pertumbuhan melalui sasaran kontrol metabolisme. Keenam, penelitian tentang teknologi itu memungkinkan penyampaian yang efisien dari AA yang membatasi atau AA fungsional untuk larva ikan melalui pakan hidup masih terbatas (Saavedra dkk, 2008). Mengatasi hambatan itu akan menghasilkan dalam peningkatan substansial dalam efisiensi pemanfaatan tambahan AA untuk formulasi pakan ikan.

a. Alanin, b-alanin, aspartat dan asparagin

Alanin dan aspartat adalah prekursor glukogenik utama dan substrat energi penting untuk ikan. Sebagai informasi tambahan, aspartat sangat penting untuk sintesis nukleotida purin di semua jenis sel. Selain itu, alanin adalah pembawa yang menjadi preferensi utama nitrogen untuk metabolisme AA antar organ pada ikan (Mommsen dkk, 1980). Aspartat dan asparagin mewakili kurang lebih 10 persen dari AA dalam protein nabati dan hewani, tetapi aspartat makanan mungkin dikatabolisme lebih ekstensif oleh usus ikan. Dengan demikian, sebagian besar aspartat beredar dalam tubuh ikan berasal dari sintesis oleh otot rangka (Wu, 1998). Patut dicatat bahwa aspartat aminotransferase secara intensif mengalami *upregulating* pada insang, otot putih, dan merah (Bystriansky dkk, 2007), dan hati (Aas-Hansen *et al.*, 2005) selama aklimatisasi salinitas atau migrasi. Alanin dapat merangsang respons makan ikan tertentu meskipun mekanisme kerja belum diketahui dengan jelas (Shamushaki *et al.*,



2007). Menariknya, suplementasi piruvat 5 persen dapat mengurangi ekskresi nitrogen ke dalam air di sekitarnya melalui peningkatan pembentukan alanin tanpa efek negatif pada pertumbuhan dan sintesis vitellogenin pada salmon Atlantik (Olin *et al.*, 1992). Saat ini, masih sedikit kelengkapan informasi mengenai aspartat atau asparagin dalam pakan ikan. Hal ini disebabkan oleh cepatnya proses oksidasi dan rendahnya gejala toksisitas kedua bahan ini. Alanin dan aspartat sering digunakan untuk menyeimbangkan nitrogen dalam riset nutrisi ikan. b-Alanin (produk dekarboksilasi aspartat) adalah konstituen karnosin (b-alanyl-L-histidin), anserin (b-alanyl-1-methyl-L-histidine), karsinin (rantai b-alanyl-histamin), dan balenin (b-alanyl-3-methyl-L-histidine). Karnosin dan anserin adalah antioksidan dan penting sebagai penyangga pada otot rangka ikan, khususnya ikan laut pelagis yang bermigrasi (Snyder *et al.*, 2008). Peningkatan kadar b-alanin dalam plasma atau jaringan sebagai respons penanganan stres akut atau perubahan lingkungan dilaporkan untuk ikan (Aragao *et al.*, 2008) dan tiram (Powell dkk, 1982). Namun secara garis besar signifikansi penggunaan b-alanin terhadap proses fisiologis dari temuan ini belum dapat diterangkan dengan jelas. Ogata (2002) menemukan bahwa suplementasi pakan menggunakan b-alanin mampu meningkatkan konsentrasi karnosin intramuskular, tetapi bukan anserin pada ikan ekor kuning. Kim dkk. (2003) mengamati tidak ada efek positif suplementasi b-alanin terhadap kinerja pertumbuhan *Flounders* (ikan sebelah). Kandungan karnosine melimpah pada tepung ikan tapi sangat sedikit pada kebanyakan bahan pakan nabati. suplementasi karnosin pada pakan berbasis protein nabati mampu meningkatkan pertumbuhan atau efisiensi pakan di *rainbow trout* (Snyder *et al.*, 2008). Namun, riset terkait penggunaan suplementasi karnosin untuk ikan di bawah tekanan kondisi fisiologis tertentu masih harus dilakukan karena terbatasnya informasi.


b. Arginin, sitrullin dan ornitin.

Ikan memiliki kebutuhan yang sangat tinggi terhadap protein. Hal ini disebabkan karena (1) pentingnya fungsi protein (sebagai peptida-terikat AA) dan cairan jaringan (sebagai fosfoarginin, mayor reservoir ATP); dan (2) sintesis de novo-nya terbatas atau bahkan tidak ada sama sekali. Ureogenik pada jenis ikan bertulang rawan dan bertulang sejati (*Teleost*) mungkin dapat mengubah sitrullin menjadi arginin melalui argininosuccinate sintase dan lyase di hati (Mommsen dkk, 2001). Namun, tidak diketahui apakah terjadi sintesis sitrullin atau arginin oleh organ ini pada ikan. Berdasarkan hasil riset terdapat bukti tidak langsung untuk arginin dan glutamat dalam pakan ikan lele (Buentello dan Gatlin, 2000), tetapi efek ini mungkin terjadi penghambatan degradasi arginin. Saat ini, jalur untuk sintesis arginin dari glutamin, glutamat, prolin, atau AA selain sitrullin masih belum jelas untuk ikan.

Arginin adalah salah satu AA paling serba guna yang berfungsi sebagai prekursor untuk sintesis protein, oksida nitrat (NO), urea, poliamina, prolin, glutamat, kreatin, dan agmatine pada hewan darat (Wu dan Morris, 1998). Arginin juga memainkan peran penting dalam mengatur endokrin dan fungsi reproduksi, serta pensinyalan ekstra-endokrin jalur (termasuk protein kinase yang diaktifkan AMP dan target rapamycin) (Jobgen et al. 2006 ; Yao *et al.*, 2008). Ikan dapat menghasilkan NO melalui NO yang bergantung pada *tetrahydrobiopterin synthase* (NOS; Buentello dan Gatlin, 1999), serta urea ditambah ornithine oleh arginase (Gouillou-Coustans *et al.*, 2002). Ornitin yang dihasilkan dapat digunakan untuk sintesis prolin atau poliamina. Penurunan substansial dalam konsentrasi plasma arginin dan ornitin telah diamati untuk ikan *senegalese* yang mengalami stres akut (Aragao *et al.*, 2008). Kecuali untuk NOS endotel (eNOS), gen untuk diinduksi NOS (iNOS) dan neuronal NOS (nNOS) telah dikloning untuk berbagai ikan (Bordieri *et al.*, 2005). Sedangkan tingkat fisiologis NO memainkan peran penting dalam pensinyalan seluler, konsentrasi tinggi NO yang disintesis oleh iNOS dapat terjadi dalam AA dan modifikasi protein, stres oksidatif, apoptosis, dan pembunuhan sel target (Galli, 2007; Mannick 2007). Produksi NO yang terinduksi dalam makrofag dipengaruhi oleh ketersediaan arginin ekstraseluler atau nutrisi saluran lele (Buentello dan Gatlin, 1999). nNOS diekspresikan dalam otak dan insang ikan yang mengatur fungsi neurologis. pembentukan dan perkembangan, tonus vaskular dan tekanan osmotik (Hyndman *et al.*, 2006). Selain itu, arginin bisa merangsang pelepasan berbagai hormon seperti insulin, pertumbuhan hormon, dan glukagon. Memang, arginin lebih berperan secara efektif sebagai aktivator pelepasan insulin dibandingkan glukosa pada ikan (Mommsen dkk. 2001). Efek suplementasi arginin untuk meningkatkan pertumbuhan dan kesehatan di luar memenuhi kebutuhan protein sintesis telah dilaporkan untuk beberapa ikan. Sebagai contoh, Buentello dan Gatlin (2001) menemukan bahwa kelangsungan hidup lele dengan uji tantang menggunakan *Edwardsiella ictaluri* sangat bergantung pada tingkat arginin pakan. Riset terkait suplementasi sitrulin telah dilakukan secara intensif pada berbagai hewan darat (Wu dan Morris 1998), namun masih sedikit sekali informasi yang diketahui tentang efek sitrulin untuk menggantikan arginin dalam pakan ikan.

c. AA rantai cabang (*Brach Chain Amino Acis*, BCAA)

Leusin, isoleusin, ditambah valin menyumbang 18-20 persen AA pada sumber protein bahan baku nabati dan hewani. Sebagai penggerak target *rapamycin* (protein kinase), leusin dianggap sebagai AA fungsional untuk merangsang sintesis protein otot dan menghambat proteolisis pada mamalia (Nakashima *et al.*, 2007). Namun, peran leusin seperti itu belum banyak diteliti untuk ikan. Choo dkk. (1991) melaporkan leusin dengan jumlah berlebih mampu meningkatkan efisiensi pakan tetapi menekan konsumsi pakan, pertumbuhan,



dan pengendapan protein ikan *rainbow trout*, kemungkinan karena antagonisme antar AA (khususnya BCAA). Minat riset terkait leusin semakin meningkat dalam beberapa tahun terakhir. efek stimulasi tambahan b-hidroksil-b- metil-butirat (HMB; metabolit leusin) pada pertumbuhan dan kekebalan pada beberapa ikan yang dibudidayakan pada suhu rendah (Siwicki dkk, 2003). Namun, manfaat seperti itu belum pernah diamati pada spesies air hangat, termasuk nila dan kakap (Li dan Gatlin, 2007). Karena itu dapat dijelaskan adanya perbedaan terkait metabolisme leusin pada spesies yang berbeda. Selain itu, studi dengan ikan (misal, *rainbow trout*, *Arctic charr*, dan bahkan udang) telah terungkap bahwa BCAA dapat dengan cepat dimobilisasi dari otot putih dan perkembangan baru nutrisi asam amino ikan otot merah selama kondisi stres (Milligan, 1997) atau aklimatisasi air laut (Bystriansky *et al.*, 2007), tetapi nilai pelepasan leusin sangat bervariasi antar spesies.

d. Glutamat, glutamin, dan c-aminobutyrate (GABA)

Glutamin adalah salah satu a-AA bebas yang paling melimpah pada ikan plasma dan otot, sedangkan glutamat dan dekarboksinyalasi produk (GABA) adalah neurotransmiter yang ada pada konsentrasi tinggi di otak. Selain itu, GABA adalah penginduksi metamorfosis di abalone (Morse *et al.*, 1979). Selain itu, glutamin sangat penting untuk sintesis purin dan nukleotida pirimidin di semua sel. Melalui ginjal, pada proses ammoniagenesis, glutamin juga berperan penting dalam mengatur keseimbangan asam basa dalam tubuh. Lebih lanjut, glutamin merangsang sintesis protein otot pada mamalia (Wu *et al.*, 2007), tetapi informasi tersebut belum banyak tersedia untuk ikan. Sebagai substrat energi utama untuk leukosit dan modulator kunci produksi sitokin dan NO, glutamin sangat penting untuk respon imun pada ikan (Buentello dan Gatlin, 1999 ; Li *et al.*, 2007). Glutamat dan glutamin mewakili 20 persen AA protein dalam bahan baku nabati dan hewani, tetapi kedua asam amino ini bisa terdegradasi sepenuhnya oleh usus ikan, seperti halnya yang dilaporkan untuk hewan darat (unggas dan mamalia) (Wu, 1998). Jadi, sebagian besar glutamat dan rantai glutamin dalam plasma dapat disintesis dari BCAA dan α ketoglutarat di otot rangka. Glutamat adalah substrat untuk sintesis glutamin oleh sintesis glutamin yang bergantung pada ATPase. Sedangkan glutamin dihidrolisis oleh fosfat- glutaminase untuk menghasilkan glutamat (Anderson dkk, 2002). Glutamin intraseluler dan antar sel ini-siklus glutamat terkenal untuk mamalia, tetapi belum banyak diketahui untuk ikan. Saat enzim utama pada degradasi glutamat, glutamat dehidrogenase adalah diekspresikan dalam hati ikan dan otot putih, sedangkan glutamat transaminase berlimpah di semua jaringan ikan (Wilson 2002). Glutamin sintetase berlimpah di otak, usus, hati, otot merah, insang / ginjal, otot putih, dan jantung ikan. Adapun protein hati diatur oleh kortisol (Vijayan *et al.* 1996) atau amonia lingkungan yang tinggi (Anderson *et al.*, 2002). Baik glutamat dan glutamin

adalah energi penting substrat pada ikan, tetapi metabolisme spesifik jaringan keduanya, AA belum sepenuhnya diketahui pada ikan. Tingkat diet GABA yang tinggi menghambat konsumsi pakan pada ikan sebelah (Kim *et al.*, 2003). Sebaliknya, hasil studi pada Salmon Atlantik menunjukkan bahwa suplementasi makanan dengan 5 persen a-ketoglutarat dapat mengurangi ekskresi nitrogen ke dalam air tanpa efek negatif pada pertumbuhan dan vitellogenesis (Olin *et al.*, 1992). Hal yang penting, glutamin makanan suplementasi meningkatkan bobot ikan, konsumsi pakan, peningkatan efisiensi pakan, perkembangan usus, dan enzim pencernaan kegiatan di ikan Jian (Lin dan Zhou, 2006). Dengan ketersediaan komersial baru-baru ini dari campuran glutamin dan glutamat komersial tingkat pakan (misal, AminoGut TM , Ajinomoto Inc., (<http://www.Ajinomoto.com>)), mempermudah suplementasi kedua bahan ini untuk meningkatkan kinerja pertumbuhan dan kekebalan pada ikan (termasuk udang).

e. Glisin dan serin

Glisin dan serin diubah, terutama pada hati dan ginjal, oleh hidroksimetil yang bergantung pada tetrahidrofolat transferase. Kedua AA ini berpartisipasi dalam glukoneogenesis, metabolisme AA sulfur, metabolisme unit satu karbon, dan pencernaan lemak (Fang *et al.*, 2002), dan juga merangsang konsumsi pakan pada beberapa jenis ikan (Shamushaki *et al.*, 2007). Glisin dapat berfungsi untuk mengatur ekspresi gen pada ikan. Sementara sebagai suplemen pakan, glisin telah terbukti meningkatkan tiroksin hati dan aktivitas monodeiodinase dalam ikan trout (Riley *et al.*, 1996). Oleh karena itu suplementasi glisin dapat meningkatkan efisiensi penyerapan nutrisi dan peristiwa anabolik. Menariknya, glisin memiliki peran penting dalam respon osmoregulasi ikan dan kerang (misalnya tiram) terhadap akibat tekanan lingkungan. Misalnya, tiram dengan cepat mengambil glisin bebas dari air sekitarnya, dan mensintesis glisin sebagai respon terhadap perubahan cepat dalam salinitas atau anoksia (Powell dkk, 1982). Hal penting, proses suplementasi pakan menggunakan glisin mampu meningkatkan kelangsungan hidup tiram setelah dipindahkan ke air tawar dari air laut (Takeuchi, 2007) dan menjadi sebuah metode yang inovatif untuk meningkatkan budidaya tiram. Hasil riset lain menunjukkan tingkat serin jaringan pada hewan air (termasuk udang) meningkat dengan perubahan salinitas mendadak (Silvia dkk, 2002) atau perubahan kekenyalan daging (Buentello dan Gatlin, 2002). Namun Saat ini masih sedikit informasi yang diketahui tentang apakah suplementasi pakan menggunakan serin dapat mengoptimalkan kelangsungan hidup ikan dan pertumbuhan dalam kondisi budaya yang kurang optimal.

f. Histidin

Histidin adalah AA yang melimpah dalam plasma albumin ikan (Szebedinszky dan Gilmour, 2002). Histidin tersedia pada otot ikan sebagai AA atau karnosin bebas. Histidin berpartisipasi dalam metabolisme unit satu karbon, oleh karena itu mempengaruhi DNA dan sintesis protein. Selain berfungsi sebagai bahan bakar energi selama ikan dalam keadaan kelaparan, histidin merupakan komponen utama *non-buffer* karbonat melindungi ikan dari perubahan pH akibat hipoksia, *burst-swimming*, dan meningkat laktasidosis. Kapasitas sistem penyangga non-karbonat di antara berbagai spesies ikan sangat bervariasi, yang kemungkinan disebabkan oleh adaptasi jangka panjang terhadap lingkungan. Konsentrasi histidin intramuskular meningkat secara substansial sebelum migrasi pemijahan salmon (Mommsen *et al.*, 1980). Hasil riset menunjukkan metabolisme histidin dan kebutuhan histidin dalam pakan pada ikan diatur oleh banyak faktor lingkungan dan endokrin. Histidin dan turunan imidazol terkaitnya (anserin dan karnosin) memberikan rasa dan tekstur yang diinginkan (misalnya, rasa manis, berat dan tebal), histidin dapat meningkatkan kelenturan daging dan atribut sensorik (misalnya, rasa) ikan laut yang dibudidayakan (Ogata, 2002). Førde-Skjærvik dkk. (2006) melaporkan suplementasi histidin dalam pakan dapat meningkatkan histidine dan pH tingkat intramuskular, sekaligus mengurangi celah otot ikan kod Atlantik. Pada akhirnya hal ini berkontribusi kualitas fillet ikan yang lebih tinggi.

g. Lisin, karnitin, dan kadaverin

Lisin sering kali merupakan salah satu bahan AA yang berperan sebagai AA pembatas pada produksi pakan ikan komersial, terutama ketika tepung ikan diganti dengan sumber protein nabati (Mai *et al.*, 2006). Karena itu, lisin pada tingkat yang sangat rendah mempengaruhi kinerja pertumbuhan ikan dan kesehatan. Dengan ketersediaan lisin feed-grade komersial, suplementasi bahan ini pada pakan berbasis sumber protein nabati mampu menghemat biaya protein kasar pakan tanpa mempengaruhi kinerja pertumbuhan ikan (Mai *et al.*, 2006). Strategi nutrisi ini juga dapat menurunkan ekskresi amonia dan fosfor larut dari ikan (Cheng dkk, 2003). Selain itu, suplementasi lisin dalam pakan efektif dalam peningkatan respons imun dan perkembangan gastrointestinal ikan mas (Zhou, 2005). Lisin adalah substrat untuk sintesis karnitin, yang diperlukan untuk pengangkutan asam lemak rantai panjang dari sitosol menjadi mitokondria untuk oksidasi. Potensi manfaat suplementasi karnitin pakan yang mampu memberi dampak terhadap pertumbuhan, perlindungan terhadap toksisitas amonia dan xenobiotik, meningkatkan aklimatisasi perubahan suhu ekstrim dan stres terkait, dan peningkatan kinerja reproduksi (Harpaz, 2005). Kadaverin (*Cadaverine*) adalah produk dekarboksilasi lisin selama degradasi jaringan

hewan, seperti penguraian tepung ikan. Tapia-Salazar dkk. (2004) melaporkan bahwa gabungan suplementasi kadaverin dan histamin dapat meningkatkan konsumsi pakan dan pertumbuhan udang. kadaverin dapat mengatur aliran darah dan perkembangan usus mamalia (Ou *et al.*, 2007), tetapi efek ini belum banyak diteliti pada ikan.

h. Fenilalanin dan tirosin

Fenilalanin dapat diubah menjadi tirosin dengan tetrahidro-fenilalanin hidroksilase yang bergantung pada bipterin di hati dan ginjal. Jadi, suplementasi tirosin ke dalam pakan ikan dapat mengurangi suplementasi fenilalanin. Penelitian tentang suplemen fenilalanin dan tirosin untuk pakan ikan dan potensinya pengaruh pada hewan air saat ini masih terbatas. Tirosin adalah prekursor umum untuk hormon dan saraf penting neurotransmitter, termasuk tiroksin (T₄), triiodothyronine, epinefrin, norepinefrin, dopamin, dan melanin. Molekul ini memiliki peran regulasi yang penting terhadap pertumbuhan ikan (Chang *et al.*, 2007; Yoo dkk. 2000). Suplementasi fenilalanin dan tirosin dalam pakan sangat mempengaruhi pigmentasi, perkembangan, konsumsi pakan, kinerja pertumbuhan, kekebalan, dan kelangsungan hidup ikan. Kebutuhan fenilalanin dan tirosin ikan meningkat secara substansial selama perkembangan jaringan terutama pada fase benih (Pinto *et al.*, 2008). Selain itu, pemberian oral T₄ untuk ikan mas, lele, dan ikan sebelah meningkatkan pencernaan protein, aktivitas enzim pencernaan, retensi nutrisi, tingkat pertumbuhan, dan efisiensi pakan (Garg, 2007).

i. Poliamina

Poliamina (putresin, spermidine, dan spermine) adalah zat polikationik yang terjadi secara alami penting untuk proliferasi dan diferensiasi sel. Mereka disintesis dari ornitin yang diturunkan dari arginin atau prolin pada mamalia (Wu *et al.*, 2008). Namun, mekanisme ini memiliki belum banyak diketahui untuk ikan. Spermin relatif berlimpah pada sebagian besar ikan, kemungkinan menunjukkan poliamina di sintesis secara aktif atau degradasi terbatas. Sumber makanan alami poliamina untuk ikan belum sepenuhnya diketahui. Beberapa riset menunjukkan bahwa mikroba saluran pencernaan pada larva ikan dapat menghasilkan poliamina dan memfasilitasi perkembangannya usus. Studi awal menunjukkan suplementasi putresin tidak meningkatkan pertumbuhan ikan trout (Cowey dan Cho, 1992). Namun suplementasi spermin dalam bentuk mikropartikel pakan dapat meningkatkan aktivitas enzim pencernaan dan mempercepat perkembangan usus dan meningkatkan kelangsungan hidup ikan (Péres *et al.*, 1997). Perlu dicatat bahwa suplementasi poliamina dosis tinggi beracun bagi hewan air dan mengurangi performa pertumbuhan (Cowey dan Cho, 1992).

j. Prolin dan hidroksiprolin


Prolin secara tradisional dianggap sebagai AA yang dapat disintesis ikan dan meningkatkan konsumsi pakan. Pada mamalia, prolin adalah disintesis dari arginin, ornitin, glutamine, dan glutamate dengan cara khusus jaringan (Wu dan Morris, 1998). Namun, jalur sintesis prolin pada ikan belum terdefinisi dengan baik. Dabrowski dkk. (2005) melaporkan keberadaan pyrroline-5-carboxylate (P5C) reduktase di hati dan usus ikan rainbow trout, tetapi sumber P5C belum teridentifikasi. Beberapa riset juga menemukan bahwa konsentrasi prolin otot *rainbow trout* bergantung pada kandungan prolin pakan dan sintesis prolin endogen dari glutamat tidak dapat memenuhi persyaratan untuk prolin (Zhang *et al.*, 2006). Oleh karena itu, prolin sekarang dianggap sebagai AA kondisional esensial untuk ikan dalam tahap kehidupan awal dan mungkin juga untuk ikan dewasa. Kandungan hidroksiprolin dalam tepung ikan jauh lebih tinggi dari bahwa dalam protein tumbuhan. Pada hewan, hidroksiprolin dikurangi melalui hidroksilasi pasca-translasi dari prolin dalam protein (terutama kolagen) oleh prolyl yang bergantung pada vitamin C. hidroksilase. Kulit dan tulang ikan merupakan sumber penting kolagen. Ikan betina, misalnya, mengalami pengalaman yang cukup banyak demobilisasi kolagen dan kehilangan hidroksiprolin selama pematangan dan pemijahan (Toyohara *et al.*, 1997). Hidroksiprolin telah dibuktikan sebagai satu-satunya AA bebas dalam jaringan yang berkorelasi positif dengan laju pertumbuhan benih salmon (Sunde *et al.* 2001). Hydroxyproline mungkin juga menjadi molekul pensinyalan yang mengatur redoks seluler negara dan apoptosis (Phang *et al.*, 2008). Baru-baru ini, Aksnes dkk. (2008) menemukan bahwa suplementasi makanan hidroksiprolin, tetapi tidak prolin, meningkatkan laju pertumbuhan dan komposisi tulang salmon yang dimodifikasi. Walaupun mekanisme yang mendasari tidak diketahui, temuan ini mendukung anggapan bahwa derivatif AA adalah pertumbuhan yang kuat promotor ikan. Penambahan hidroksiprolin pada pakan berbasis protein mungkin bermanfaat untuk memaksimalkan kelangsungan hidup dan pertumbuhan ikan.

k. Asam amino berbasis sulfur: metionin, sistein, dan taurin

Metionin biasanya merupakan AA pembatas pertama pada banyak pakan ikan, terutama yang mengandung bahan nabati tingkat tinggi sumber protein, seperti bungkil kedelai, bungkil kacang tanah, dan bungkil kopra (Mai *et al.*, 2006). Jalur metionin transmethylation, remethylation, transsulfuration untuk sintesis sistein dan taurin dikenal untuk mamalia hati, dan kemungkinan ada pada ikan meskipun ada kemungkinan

Perbedaan kuantitatif antar spesies.

Misalnya, konversi metionin menjadi taurin telah dilaporkan untuk ikan salmon (Wilson, 2002), tetapi sedikit yang diketahui tentang zat antara, aktivitas enzim, serta hormonal dan regulasi nutrisi. Menariknya, sistein dioksigenase, salah satu dari dua enzim pengontrol laju dalam sintesis taurin tesis dari sistein, diatur oleh metionin makanan di tingkat transkripsi, tetapi tidak terpengaruh oleh diet taurin (Gaylord *et al.*, 2007). Transkripsi lainnya enzim, sistein sulfinat dekarboksilase, di hati rainbow trout tidak dipengaruhi oleh taurin makanan, tapi dihambat oleh metionin diet (Gaylord *et al.*, 2007). Penting untuk menentukan apakah ada perubahan dalam aktivitas maksimum enzim diukur pada saat jenuh konsentrasi substrat diterjemahkan ke dalam perubahan fluks metionin ke taurin. S-Adenosylmethionine, yang merupakan donor kelompok metil penting untuk kreatin dan sintesis spermidine (Grillo dan Colombatto 2007), adalah penting untuk regulasi metabolisme pada ikan. Namun ternyata tidak diketahui apakah suplementasi makanan dengan S-adenosyl- metionin dapat meningkatkan kelangsungan hidup atau pertumbuhan ikan. Metionin dan turunannya diproduksi secara komersial terutama oleh proses kimiawi. Metionin biasanya tersedia dalam bentuk DL . L- Metionin, isomer alami, diserap dengan mudah dan digunakan secara efisien oleh hewan. D- Metionin harus ditransaminasi menjadi a-ketoacid oleh metionin oksidase, dan asam-keto kemudian diubah menjadi L- metionin oleh transaminase (Wu dan Thompson, 1989). Berbeda dengan mamalia, pemanfaatan metionin hidroksil analog (senyawa sintetis non-nitrogen) oleh ikan atau krustasea tidak terlalu efisien (Wilson, 2002). Yang menarik, karena adanya aktivitas deasetilase tinggi di sitosol jaringan hewan, N-asetil-metionin adalah prekursor sulfur AA yang sangat baik pada ikan (Keembiyehetty dan Gatlin, 1995). Informasi tentang peran sistein untuk ikan cukup terbatas. Telah diperkirakan sistein dapat menyisihkan 40–60 persen metionin dalam makanan untuk berbagai variasi ikan (Wilson, 2002). Suplementasi makanan dengan N-acetyl-cysteine (NAC) adalah cara yang efektif untuk meningkatkan penyediaan sistein, oleh karena itu meningkatkan sintesis glutathione (antioksidan utama tripeptida dalam sel) di hewan (Wu *et al.*, 2004). Beberapa penelitian mengungkapkan penambahan itu glutathione untuk diet dapat menghemat 75 persen kebutuhan methionine oleh bass bergaris hybrid (Keembiyehetty dan Gatlin, 1995), menunjukkan bahwa sintesis glutathione adalah penting nasib metabolisme metionin. Menariknya, diet NAC dapat mengurangi viskositas mukus kulit, namun gagal untuk memberikan perlindungan pada ikan trout pelangi atau salmon Atlantik infeksi oleh *Paramoeba* spp. (penyakit insang amuba) Infeksi (Powell *et al.*, 2007). Taurin tidak dimasukkan ke dalam protein, tapi berperan peran penting dalam pencernaan lemak, pertahanan antioksidan, osmoregulasi selular, serta perkembangan visual, sistem saraf dan otot (Fang *et al.*, 2002; Omura dan Inagaki, 2000). Taurin berlimpah dalam makanan



ikan dan hewan produk (terutama produk invertebrata laut), tetapi absen dari tumbuhan. Bukti yang meyakinkan menunjukkan bahwa suplementasi taurin ke semua diet protein nabati dapat mempromosikan pertumbuhan dan efisiensi pemanfaatan pakan oleh ikan karnivora, seperti ikan rainbow trout (Gaylord *et al.*, 2007) dan Japanese P. (Li dkk, 2007), flounder (Kim *et al.*, 2003), ikan mas (Kim *et al.*, 2008), menyarankan sintesis taurin de novo suboptimal oleh spesies tertentu. Selain itu, konsentrasi taurin masuk jaringan ikan tertentu sangat dipengaruhi oleh perubahan salinitas (Dabrowski *et al.*, 2005) atau kekerasan (Buentello dan Gatlin, 2002). Namun, potensi dampak lingkungan ini faktor kesehatan pada metabolisme AA sulfur, pemanfaatan dan persyaratan tidak diketahui. Meskipun demikian, suplementasi taurin dapat meningkatkan perkembangan usus larva cobia, yang dapat menjadi sarana baru untuk berkembang efisiensi larvikultur (Salze *et al.*, 2008).

l. Treonin

Sebagian besar penelitian sebelumnya tentang treonin difokuskan kebutuhan diet minimum untuk berbagai ikan, karena adanya kekurangannya dalam protein nabati. Tingkat treonin makanan dapat mempengaruhi kekebalan pada mamalia (Li *et al.*, 2007). Di Selain itu, treonin adalah komponen utama dari mucin usus kecil, oleh karena itu mengatur penghalang usus integritas dan fungsi. Namun, potensi penggunaan treonin dalam pakan ikan selain memenuhi kebutuhan pakan masih mendapat sedikit perhatian.

m. Triptofan, serotonin dan melatonin

Triptofan dapat diubah menjadi serotonin (5-hidroksi-tryptamine; sebuah neurotransmitter) dan melatonin (sebuah antioksidan) (Fang *et al.*, 2002). Interaksi agresif dan kanibalisme ikan karnivora dapat menyebabkan pro-kerugian akibat duksion dalam kondisi pemeliharaan intensif. Peningkatan konsentrasi dan pergantian otak yang kronis serotonin dikaitkan dengan agresi yang ditekan. Suplementasi makanan dengan L-tryptophan dapat menghambat agresi benih rainbow trout (Hseu *et al.*, 2003), mengurangi kanibalisme dan anoreksia akibat stres pada benih Kerapu (Hoglund *et al.*, 2007), dan mencegah stres yang disebabkan gelombang kortisol (Lepage *et al.*, 2003). Karena berkepanjangan peningkatan kortisol secara negatif mempengaruhi pertumbuhan, asupan pakan, penambahan protein, kekebalan dan tantangan penyakit (Vijayan dkk, 1996), penggunaan triptofan mungkin merupakan nutrisi yang menjanjikan. strategi nasional untuk manajemen kesehatan dalam budidaya (misalnya, transportasi, penanganan, dan vaksinasi). Serotonin otak disintesis dalam neuron serotonin perifer dibentuk dan dilepaskan oleh mukosa usus sebagai respons terhadap rangsangan yang berbeda seperti distensi lambung, larutan hiperosmotik atau adanya glukosa. Kedua serotonin endogen dan eksogen (makanan) dapat menghambat

asupan makanan oleh ikan (misalnya ikan *bass* laut Eropa) dan terestrial hewan (Rubio *et al.*, 2006). Melatonin diproduksi di organ pineal, retina, dan saluran pencernaan ikan, dan sedang terdegradasi di hati. Sintesis melatonin pada ikan pineal organ diatur oleh fotoperiode dan memainkan peran penting dalam mediasi pematangan testis ikan tertentu, termasuk masu salmon (Amano *et al.*, 2004) dan ikan mas (Bhattacharya *et al.*, 2007). Pemberian eksogen melatonin ikan dapat meningkatkan konsentrasi plasma dan juga merangsang pematangan testis. Ini harus diingat bahwa dosis, waktu, penyinaran dan musim adalah faktor penting yang mempengaruhi efikasi eksogen melatonin dalam memediasi kinerja reproduksi ikan.

2.2.5 Asam Lemak Esensial

Jenis asam lemak esensial yang sering digunakan dalam mensuplementasi pakan ikan (induk dan larva), yaitu PUFA (EPA, DHA, dan ARA). Keberadaan lemak sangat penting untuk kelangsungan hidup dan pertumbuhan ikan laut, terutama ikan daerah tropis. Selain itu, lemak berfungsi pula dalam membantu penyerapan vitamin yang larut dalam lemak (A,D,E dan K). Kebutuhan lemak bagi ikan berbeda beda tergantung stadia ikan, jenis ikan, dan lingkungan.

Komponen lemak yang merupakan nutrien yang sangat penting dalam pembuatan pakan ikan laut (ikan kerapu dan ikan kakap) adalah kandungan asam lemak esensial. Ikan laut sangat membutuhkan HUFA rantai panjang n-3 dan n-6 dari pakan untuk pertumbuhan yang optimum (Ibeas *et al.*, 2000; Yildiz, 2008). Asam lemak esensial yang sangat dibutuhkan ini adalah asam eikosapenta-noat (EPA) (20:4n-6) dan asam dokosaheksaenoat (DHA) (22:6n-3) juga asam arakidonat (AA) (20:4n-6) (Higgs & Dong, 2000; Seiffert *et al.*, 2001; Tocher, 2003). Asam lemak n-3 (EPA dan DHA) ini banyak terkandung dalam minyak ikan atau minyak cumi. Pada penelitian Suwirya *et al.*, 2001; dan Suwirya *et al.*, 2003, mendapatkan bahwa kandungan optimal n-3 HUFA 1,4 persen dalam pakan adalah optimal untuk benih kerapu bebek dan kerapu macan sebesar 2,0 persen. Asam lemak tidak hanya berperan untuk larva ikan, tetapi juga sangat penting bagi reproduksi (Izquierdo, 2005).

2.2.6 Mikro Nutrien Esensial Lainnya

Vitamin merupakan komponen mikro nutrien yang sangat penting untuk meningkatkan pertumbuhan ikan laut. Suplementasi vitamin dapat meningkatkan metabolisme dan daya tahan terhadap perubahan lingkungan dan penyakit. Vitamin B1, B6, dan B12 berperan dalam pertumbuhan, meningkatkan nafsu makan. Vitamin B2 berperan dalam

pertumbuhan, distribusi nutrisi (karbohidrat, lemak, protein) antar sel tubuh, dan proses reproduksi. Vitamin A menyokong regulasi genetik, pembuatan sel darah merah, imunitas, antioksidan, pertumbuhan dan perkembangan ikan. Mineral merupakan mikro nutrisi yang penting dalam pakan ikan. Mineral yang berfungsi untuk pembentukan struktur tubuh seperti tulang, gigi, dan sisik ikan antara lain Ca, P, F, dan Mg. Mineral yang menyokong sistem pernafasan ikan antara lain Fe, Cu, dan Co, sedangkan mineral yang membantu proses metabolisme adalah semua mineral esensial, baik makro maupun mikro. Mineral esensial termasuk yang berperan dalam metabolisme adalah pembentukan enzim, mengatur keseimbangan cairan tubuh. Sebanyak 15 zat mineral telah diketahui mempunyai fungsi esensial dalam tubuh ikan antara lain, natrium, kalium, fosfor, kalsium, khlor, magnesium, ferrum, belerang, iodium, mangan, kuprum, kobalt, molybdenum, selenium, dan zinkum. Kalsium dan fosfor dibutuhkan dalam jumlah besar untuk pembentukan gigi, tulang, dan kulit sehingga zat-zat mineral tersebut harus ada dalam jumlah yang besar.

“

Bahan Baku pakan terdiri dari berbagai kandungan nutrisi seperti protein, lemak, asam amino, vitamin, dan mineral.

Potensi bahan baku lokal di Indonesia cukup tersedia mulai dari sumber protein, lemak, dan asam amino.





BAB III.

FORMULASI PAKAN BERBAGAI JENIS IKAN

3.1 Komoditas Budidaya Air Payau

Pakan yang berkualitas baik adalah pakan yang dapat memberikan laju pertumbuhan, dan performa reproduksi ikan serta tingkat efisiensi pakan yang tinggi. Untuk mendapatkan laju pertumbuhan dan performa reproduksi ikan serta efisiensi pakan yang tinggi, maka pakan yang diberikan pada ikan harus mengandung nutrisi yang sesuai dengan kebutuhan optimum ikan budidaya. Kebutuhan optimum nutrisi dalam pakan untuk beberapa komoditas budidaya air payau disajikan pada Tabel-5 (lihat di halaman lampiran).

Selain kandungan nutrisi yang terkandung dalam pakan, kualitas bahan pakan juga sangat menentukan kualitas pakan. Bahan pakan yang memiliki kandungan nutrisi yang tinggi, tidak ada atau rendah kandungan zat anti nutrisinya merupakan bahan yang berkualitas untuk bahan pakan ikan. Penggunaan bahan baku pakan yang mengandung nutrisi yang baik, diformulasi dengan tepat berdasarkan kebutuhan optimum komoditas budidaya, dan diproses dalam pembuatan pakan yang baik akan menghasilkan pakan yang bermutu tinggi. Untuk mendapatkan produksi budidaya yang tinggi dan efisiensi, maka pakan yang bermutu baik harus juga diberikan pada komoditas budidaya secara tepat dalam jumlah, waktu, metode pemberian dan kualitas media budidaya yang optimum.

3.1.1 Jenis Pakan Ikan Pada Berbagai Fase Pertumbuhan Dan Jenis Ikan Air Payau

Pada komoditas air payau, jenis pakan yang digunakan dalam kegiatan budidaya beragam bergantung pada jenis komoditas (spesies), stadia komoditas, dan teknologi budidayanya. Saat ini ada 5 spesies ikan dan krustase yang sedang dikembangkan di Balai Riset Perikanan Budidaya Air Payau dan Penyuluhan Perikanan (BRPBAPPP) yaitu: udang windu, udang vannamei, ikan bandeng, dan ikan baronang, serta kepiting bakau.

Pada pemeliharaan induk udang windu di *hatchery* sering digunakan pakan ikan segar berupa cumi segar, cacing laut, daging kerang, dan hati sapi. Penggunaan pakan pelet kering dan *moist pelet* juga telah dicobakan dalam pemeliharaan induk udang windu ini, namun bersifat pelengkap.

Pada pemeliharaan larva udang windu digunakan pakan alami berupa *Chaetoceros calcitrans*, *Skletomena costatum*, nauplii artemia, dan *micro-diet*. Sementara kegiatan pembesaran udang windu saat ini umumnya dilakukan di tambak dengan sistim tradisional plus hingga intensif. Pada kegiatan tradisional plus dan semi intensif, selain menggunakan pakan alami yang tumbuh di tambak, juga digunakan pakan tambahan berupa pelet kering utamanya setelah memasuki masa pemeliharaan bulan kedua untuk semi intensif atau ketiga untuk tradisional plus, jika ketersediaan pakan alaminya sudah tidak mencukupi bagi kebutuhan udang peliharaan. Sementara pada kegiatan budidaya intensif, penggunaan pakan buatan dimulai sejak awal penebaran hingga panen.



Penggunaan pakan pada pola budidaya tradisional plus dan semi intensif, intensif dan super intensif udang windu dan udang vannamei relatif sama dengan udang windu. Namun pada budidaya super intensif, kepadatan udang sangat tinggi hingga mencapai 1000 ekor/m³, sehingga jumlah pakan harian per petak tambak sangat banyak menyesuaikan dengan biomassa udang di dalam tambak.

Kegiatan budidaya pembesaran bandeng di tambak umumnya masih mengandalkan peran pakan alami khususnya pada awal pemeliharaan melalui pemupukan menggunakan pupuk organik dan an-organik. Namun jika ketersediaan pakan alami di tambak sudah tidak mencukupi kebutuhan harian ikan budidaya, maka perlu ditambahkan pakan buatan berupa pelet kering. Ikan bandeng yang dipelihara di keramba jaring apung menggunakan pakan buatan. Ikan bandeng konsumsi memiliki harga jual yang murah, sehingga para pembudidaya umumnya mencari pakan pelet yang murah namun masih memberikan respon pertumbuhan yang cukup baik bagi ikan bandeng, seperti menggunakan pakan mandiri berbahan baku lokal.

Ikan baronang merupakan komoditas rintisan untuk pengembangan budidayanya karena memiliki harga jual yang lebih mahal dibandingkan ikan bandeng ukuran konsumsi. Ikan baronang juga merupakan ikan herbivora, sehingga dapat memanfaatkan komponen bahan-bahan nabati yang lebih banyak sehingga berpeluang memiliki harga pakan yang lebih murah dibandingkan ikan omnivora. Pada kegiatan pembenihan, pemeliharaan induk ikan baronang menggunakan pakan pelet kering. Sementara pada pemeliharaan larva digunakan pakan alami berupa *nannochloropsis*, rotifera, dan *copepoda*. Pada kegiatan pendederan dan pembesaran digunakan pakan pelet kering.

Pengembangan kepiting bakau dilakukan mulai dari kegiatan perbenihan hingga pembesaran. Pada kegiatan pembenihan, pemeliharaan induk kepiting bakau umumnya digunakan pakan segar seperti ikan rucah segar dan cumi-cumi. Pada pemeliharaan larvanya digunakan pakan alami berupa *nannochloropsis*, artemia, dan *micro-diet*. Pada kegiatan pendederan, krablet kepiting bakau sudah dapat menggunakan pakan ikan segar, udang rebon, dan pellet. Pada kegiatan pembesaran kepiting bakau juga menggunakan ikan rucah.

3.1.2 Formulasi Pakan Buatan Untuk Ikan Air Payau Berbaha

3.1.2.1 Formulasi Pakan Buatan Untuk Udang Windu (*Penaeus Monodon*)

Udang windu merupakan udang asli Indonesia, komoditas budidaya dan ekspor andalan. Kegiatan budidaya pembesaran udang windu dilakukan mulai dari teknologi tradisional plus (sederhana), semi intensif hingga intensif. Pada kegiatan budidaya tradisional plus, pakan buatan diberikan ketika pakan alami yang tersedia di tambak sudah sangat rendah, umumnya pada bulan akhir pemeliharaan. Pada budidaya semi intensif, pemberian pakan buatan biasanya sudah mulai diberikan pada bulan ke dua pemeliharaan. Sementara pada budidaya intensif, pemberian pakan buatan dilakukan sejak awal penebaran udang. Pada kegiatan perbenihan udang windu secara komersial di Indonesia, pakan masih mengandalkan pakan segar berupa cumi-cumi segar, cacing laut segar, hati sapi, dan daging kerang. Namun demikian, Balai Riset Perikanan Budidaya Air Payau telah mencoba melakukan kajian tentang penggunaan pakan buatan sebagai pakan alternatif (substitusi) dari penggunaan pakan segar pada pemeliharaan induk hasil budidaya untuk mendukung program domestikasi udang windu.

a. Formulasi Pakan Induk

Tabel 6. Formulasi Pakan dan Komposisi Proksimat dalam Fase Prematurasi dan Maturasi Udang Windu (Laining *et al.*, 2014).

Bahan	Jumlah (%)
Tepung ikan	25
Tepung rebon	21
Tepung kerang	20
Gluten gandum	3
Dedak halus	3,015
Tepung terigu	12,5
Minyak ikan	4,5
Lesitin kedelai	1,5
Kolesterol	0,2
Vitamin premix	3,5
Minera premix	3
Stay C (vitamin C)	0,1
Carophyl pink	0,125
Vitamin A dan D	0,04
Vitamin E	0,02
CMC	2,5
Komposisi proksimat (%):	
- Bahan kering	91,9
- Protein kasar	45,1
- Lemak	9,0
- Serat kasar	10,6
- Abu	10,3
- Energi total (MJ/kg)	17,5

b. Formulasi Pakan Benih Udang Windu

Pakan larva udang windu terdiri dari pakan alami *Chaetoceros*, *skeletonema*, dan nauplii *artemia*

Tabel 7. Formulasi dan Komposisi Proksimat Pakan Pentokolan Udang Windu (% bahan kering) (Alava, 2002 dan Ye *et al.*, 2011 yang dimodifikasi)

Bahan	Jumlah (%)
Tepung ikan	45
Tepung bungkil kedelai	20
Tepung kepala udang	5
Tepung jagung	17,7
Tepung tapioka / <i>Gracilaria</i>	5
Minyak ikan	3
Lesitine	1
Vitamin mix	1,5
Mineral mix	0,5
Di-calsium fosfat	0,5
Stay C (vitamin C)	0,1
Choline choride	0,5
Betaine	0,2
Komposisi proksimat:	
- Protein kasar	42,4
- Lemak	7,4
- Serat kasar	3,4
- Abu	10,9
- Energi total	

Catatan: Kandungan protein tepung ikan minimal 65%

Formulasi pakan pentokolan udang windu yang dimodifikasi ini merupakan formulasi pakan yang disusun berdasarkan formula yang dikembangkan oleh Alava (2002) dan Ye *et al.*, (2011) yang disesuaikan dengan ketersediaan bahan yang ada di Indonesia. Oleh karena itu, formulasi modifikasi ini belum diujicobakan pada pentokolan udang windu.

c. Formulasi Pakan Pembesaran

Tabel 8. Formulasi dan Komposisi Proksimat Pakan Pembesaran Udang Windu (% bahan kering) (Alava, 2002)

Bahan	Jumlah (%)
Tepung ikan	25
Tepung kedelai	25
Tepung udang	15
Tepung terigu	13
Dedak halus	6,95
Tepung rumput laut (<i>Gracilaria</i> sp)	5
Minyak ikan	2,5
Minyak kedele	2,5
Vitamin mix	2
Mineral mix	1
Dicalcium fosfat	2
Ethoxyquin	0,05
Komposisi proksimat:	
- Protein kasar	41,7
- Lemak	8,8
- Serat kasar	5,9
- Abu	1,4
- Energi total	

Tabel 9. Formulasi dan komposisi proksimat pakan pembesaran udang windu (% bahan kering) (Alava, 2002 dan Ye, *et al.* 2011 yang dimodifikasi)

Bahan	Formulasi	
	Awal (Stater)	(Pertumbuhan – Akhir)
Tepung ikan	39	33
Tepung bungkil kedelai	20	20
Tepung kepala udang	5	5
Tepung jagung	23,2	28,7
Tepung tapioka / <i>Gracilaria</i>	5	5
Minyak ikan	3,5	4
Lesitine	1	1
Vitamin mix	1,5	1,5
Mineral mix	0,5	0,5
Di-calcium fosfat	0,5	0,5
Stay C (vitamin C)	0,1	0,1
Choline choride	0,5	0,5
Betaine	0,2	0,2
Komposisi proksimat:		
- Protein kasar	39,0	35,7
- Lemak	7,7	8,0
- Serat kasar	3,4	3,5
- Abu	10	9,1
- Energi total		

Catatan: Kandungan protein tepung ikan minimal 65%

Demikian juga formulasi pakan pembesaran udang windu yang dimodifikasi ini merupakan formulasi pakan yang disusun berdasarkan formula yang dikembangkan oleh Alava (2002) dan Ye *et al.*, (2011) yang disesuaikan dengan ketersediaan bahan yang ada di Indonesia. Oleh karena itu, formulasi modifikasi ini belum diujicobakan pada pembesaran udang windu.

3.1.2.2 Udang vaname, *Litopenaeus vannamei*

Udang vannamei merupakan udang introduksi dari luar dan menjadi salah satu komoditas budidaya yang cukup penting di Indonesia saat ini karena produksinya yang tinggi melebihi produksi udang windu. Sama halnya dengan budidaya udang windu, udang vannamei ini juga dibudidayakan oleh masyarakat dengan teknologi tradisional plus, semi intensif dan intensif, bahkan sampai super intensif dengan kepadatan sekitar 1000 ekor/m³, sehingga dibutuhkan pakan buatan yang cukup banyak.

a. Formulasi Pakan Pentokolan

Tabel 10. Formulasi dan Komposisi Proksimat Pakan Pentokolan Udang Vannamei (% bahan kering) (Cummins Jr *et al.*, (2017).

Bahan	Jumlah (%)
Tepung ikan menhaden	25
Tepung kedelai	23
Wheat	38,07
Wheat gluten	5
Minyak ikan menhaden	1
Minyak kedele	3,5
Dikalsium fosfat	1,5
Potassium fosfat	0,8
Magnesium sulfat	0,6
Lesitine	0,5
Vitamin premix	0,4
Mineral premix	0,1
Kolesterol	0,3
Choline chloride	0,15
Stay C	0,07
Komposisi proksimat:	
- Protein kasar	33,2
- Lemak	8,2
- Abu	9,2
- Energi total (Kj/g)	17,5

Tabel 11. Formulasi dan Komposisi Proksimat Pakan Pentokolan Udang Vannamei (% bahan kering) (Ye *et al.*, 2011 yang dimodifikasi)

Bahan	Jumlah (%)
Tepung ikan	40
Tepung bungkil kedelai	20
Tepung kepala udang	5
Tepung jagung	22,7
Tepung tapioka / Gracilaria	5
Minyak ikan	3
Lesitine	1
Vitamin mix	1,5
Mineral mix	0,5
Mono-calsium difosfat	0,5
Stay C (vitamin C)	0,1
Choline choride	0,5
Betaine	0,2
Komposisi proksimat:	
- Protein kasar	49,5
- Lemak	7,2
- Serat kasar	3,4
- Abu	10,1
- Energi total	

Catatan: Kandungan protein tepung ikan minimal 65%

Formulasi pakan pentokolan udang vannamei yang dimodifikasi ini merupakan formulasi pakan yang disusun berdasarkan formula yang dikembangkan Ye *et al.*, (2011) yang disesuaikan dengan ketersediaan bahan yang ada di Indonesia. Oleh karena itu, formulasi modifikasi ini belum diujicobakan pada pentokolan udang vannamei.

“

Udang vannamei merupakan udang introduksi dari luar dan menjadi salah satu komoditas budidaya yang cukup penting di Indonesia

b. Formulasi Pakan Pembesaran

Tabel 12. Formulasi dan Komposisi Proksimat Pakan Pembesaran Udang Vanname (% bahan kering) (Ye, *et al.*, 2011)

Bahan	Formulasi 1 (%)	Formulasi 2 (%)
Tepung ikan	37	28
Tepung kedelai	14	12
Tepung kepala udang	5	5
<i>Brewer's grains with yeast</i>	2	2
<i>Wheat-middlings</i>	27	37,3
<i>Squid viscera meal</i>	3	3
Tepung kanji	5	5
Lesitin kedele	2	2
Minyak ikan	1,3	2
Mono-calsium difosfat	1,5	1,5
Vitamin premix	1	1
Mineral premix	0,5	0,5
Betaine	0,2	0,2
Choline chloride	0,5	0,5
Komposisi proksimat:		
- Protein kasar	38,3	33,2
- Lemak	8,1	8,2
- Abu	10,4	9,2
- Energi total (Kj/g)	17,4	17,5

Tabel 13. Formulasi dan Komposisi Proksimat Pakan Pembesaran Udang Vanname (% bahan kering) (Ye, *et al.*, 2011 yang dimodifikasi)

Bahan	Formulasi	
	Awal (Stater)	(Pertumbuhan – Akhir)
Tepung ikan	32	28
Tepung bungkil kedelai	20	20
Tepung kepala udang	5	5
Tepung jagung	29,7	33,7
Tepung tapioka / <i>Gracilaria</i>	5	5
Minyak ikan	4	4
Lesitine	1	1
Vitamin mix	1,5	1,5
Mineral mix	0,5	0,5
Mono-calsium difosfat	0,5	0,5
Stay C (vitamin C)	0,1	0,1
Choline choride	0,5	0,5
Betaine	0,2	0,2
Komposisi proksimat:		
- Protein kasar	35,1	32,4
- Lemak	7,9	7,8
- Serat kasar	3,5	3,6
- Abu	9,0	8,4
- Energi total		

Catatan: Kandungan protein tepung ikan minimal 65%

Formulasi pakan pembesaran udang vannamei yang dimodifikasi ini merupakan formulasi pakan yang disusun berdasarkan formula yang dikembangkan Ye *et al.*, (2011) yang disesuaikan dengan ketersediaan bahan yang ada di Indonesia. Oleh karena itu, formulasi modifikasi ini belum diujicobakan pada pentokolan udang vannamei.

3.1.2.3 Ikan bandeng, *Chanos chanos*

Ikan bandeng merupakan komoditas budidaya yang umumnya dipelihara di tambak, namun bersifat *euryhaline* sehingga sering juga dipelihara di dalam keramba jaring apung di danau dan di laut. Di tambak, umumnya pembudidaya memeliharanya dengan teknologi tradisional plus dengan mengandalkan pakan alami dari pemupukan, dan hanya menggunakan pakan buatan pada saat pakan alami sudah tidak mencukupi kebutuhan harian ikan. Namun pada pemeliharaan ikan bandeng dalam keramba jaring apung sangat dibutuhkan pakan buatan sejak penebaran hingga panen. Pada kegiatan perbenihan, induk ikan bandeng juga diberi pakan buatan.

a. Formulasi Pakan Induk

Tabel 14. Formulasi dan Komposisi Proksimat Pakan Induk Ikan Bandeng (% bahan kering) (Marte & Borongan 1994 dalam Alava 2002)

Bahan	Jumlah (%)
Tepung ikan	20
Tepung kedelai	43
Dedak halus	25,5
Tepung terigu	4
Minyak ikan cod	2
Vitamin mix	1,5
Dicalcium fosfat	4
Komposisi proksimat:	
- Protein kasar	37,6
- Lemak	8,7
- Serat kasar	3,9
- Abu	13,4
- BETN ²⁾	36,4

b. Formulasi Pakan Pendederan

Tabel 15. Formulasi dan Komposisi Proksimat Pakan Pendederan Ikan bandeng (% bahan kering) (Alava & Lim 1988)

Bahan	Jumlah (%)
Tepung ikan	30
Tepung kedelai	20
Tepung kepala udang	16
Dedak halus	11,5
Tepung terigu	15
Minyak ikan cod	3
Vitamin mix	1
Mineral mix	3,5
Komposisi proksimat:	
- Protein kasar	37,6
- Lemak	8,7
- Serat kasar	3,9
- Abu	13,4
- BETN ²⁾	36,4

c. Formulasi Pakan Pembesaran

Tabel 16. Formulasi dan Komposisi Proksimat Pakan Pembesaran Ikan Bandeng Berbahan Baku Lokal dan Hasil samping (% bahan kering) (Usman *et al.*, 2014)

Bahan	Jumlah (%)
Tepung ikan lokal	20
Tepung bungkil kopra hasil fermentasi	35
Ampas tahu	15
Dedak halus	15
Mi apkiran	14
Vitamin mix dan mineral mix ¹⁾	1,0
Komposisi proksimat :	
- Protein kasar	25,3
- Lemak	6,1
- Serat kasar	10,2
- Abu	11,4
- BETN ²⁾	47,0
- Energi total (Kkal/kg ³⁾	3930

Keterangan :

¹⁾ Vitamin dan mineral mix (dalam 1 kg pakan): Vit. A 12.000 IU; Vit. D 2000 IU; Vit. E 8 IU; Vit. K 2,0 mg; Vit B₁ 2,0 mg; Vit B₂ 5,0 mg; Vit B₆ 0,50 mg; Vit B₁₂ 12 µg; Vit C 25 mg; Calcium D-Pentathenate 6,0 mg; Niacin 40,0 mg, dan Cholin chloride 10,0 mg; Mananese 120 mg; Iron 20,0 mg; Iodine 0,2 mg; Zinc 100,0 mg; Cobalt 0,2 mg; dan Copper 4,0 mg; antioksidan (santoquin) 21,0 mg.

²⁾ BETN (Bahan ekstrak tanpa nitrogen)

³⁾ Energi total dihitung berdasarkan nilai konversi protein =5,64 kkal/g; lemak 9,44 kkal/g; dan BETN = 4,11 kkal/g (National Research Council, 1993).

3.1.2.4 Ikan baronang, *Siganus guttatus*

Ikan baronang, *Siganus guttatus*, merupakan salah satu komoditas yang berpotensi untuk dibudidayakan, khususnya di wilayah Sulawesi dan Indonesia Timur secara umum. Ikan ini bersifat herbivorous sehingga mampu memanfaatkan pakan berbasis bahan nabati lebih baik. Dengan kata lain pakannya akan lebih murah dibandingkan komoditas laut lainnya seperti kakap putih. Sehingga biaya produksinya akan lebih rendah. Ikan baronang adalah salah satu kuliner khas di Sulawesi Selatan memiliki daging yang rasanya enak. Harga jual ikan baronang setaraf dengan kakap putih dan lebih mahal dibandingkan ikan bandeng dan ikan nila. Beberapa riset mengenai teknologi pembenihannya telah dan sementara dilakukan, agar suplai kebutuhan benihnya tidak tergantung dari alam. Dalam kegiatan budidaya, meskipun ikan baronang dapat memanfaatkan pakan alami seperti rumput laut, Gracilari, Eucheuma, Sargassum, Ulva, dan lain-lain, namun pemberian pakan buatan dapat lebih mempercepat pertumbuhannya. Formulasi pakan ikan baronang disajikan pada Tabel di bawah

a. Formulasi Pakan Induk

Tabel 17. Formulasi dan Komposisi Proksimat Pakan Induk Ikan Baronang (% bahan kering) (Laining *et al.*, 2021)

Bahan	Jumlah (%)
Tepung ikan	10
Gluten	9
Tepung kedelai	20
Tepung hati cumi	40
Tepung terigu	1,035
Tepung rumput laut Gracilaria	5
Minyak kelapa	9
Minyak ikan	2
Carophyl pink	0,125
Green SP (Tepung <i>Spirulina</i> sp)	0,5
Lecitine	0,2
Stay-C (vitamin C)	0,1
Vitamin mix	2
Mineral mix	1
Vitamin E (200 ppm)	0,04
Komposisi proksimat:	
- Protein kasar	39,7
- Lemak	16,7
- Serat kasar	6,5
- Abu	8,3
- BETN ²⁾	28,8

b. Formulasi Pakan Benih

c. Pakan larva udang windu terdiri dari pakan alami *Chaetoceros*, *skeletonema* dan *nauplii artemia*

d. Formulasi Pakan Pendederan

e. Formulasi Pakan Pembesaran Ikan Baronang

Tabel 18. Formulasi dan Komposisi Proksimat Pakan Pendederan Ikan Baronang (% bahan kering) (Laining *et al.*, 2021)

Bahan	Jumlah (%)
Tepung ikan	5
Tepung kedelai	42
Gluten	6
Tepung rumput laut <i>Ulva</i> sp	30
Tepung rumput laut <i>Gracilaria</i> sp	6,4
Minyak kelapa sawit	9
Stess of (vitamin C)	0,1
Vitamin mix	1
Mineral mix ²⁾	0,5
Komposisi proksimat:	
- Protein kasar	36,4
- Lemak	10,2
- Serat kasar	18,0
- Abu	12,3
- BETN ²⁾	23,1

Tabel 19. Formulasi dan Komposisi Proksimat Pakan Pembesaran Ikan Baronang (% bobot kering) (Usman *et al.*, 2020)

Bahan	Jumlah (%)
Tepung ikan lokal	22
Tepung bungkil kopra hasil fermentasi	10
Tepung kedelai	20
Tepung jagung	36
Dedak halus	8
Minyak ikan	1
Vitamin mix ¹⁾	2
Mineral mix ²⁾	1
Komposisi proksimat:	
- Protein kasar	29,9
- Lemak	10,3
- Serat kasar	7,1
- Abu	10,4
- BETN ²⁾	42,3
- Energi total (Kkal/kg ³⁾	4690

Keterangan : ¹⁾Vitamin mix (dalam 1 kg pakan): Vit. A 60,000 IU; Vit.D 20,000 IU; Vit.K 24 mg; Vit. E 150 mg; Vit B₁ 60 mg; Vit B₂ 90 mg; Vit B₆ 60 mg; Vit B₁₂ 60 mg; Vit C 160 mg; Calcium D-Pentathenate 80 mg; Folic acid 30 mg; Biotin 200 mg; Inositol 250 mg; Nicotinamide 400 mg; Cholin chloride 300 mg. ; ²⁾Mineral mix (dalam 1 kg pakan): Calcium 325 mg; Phosphor 100 mg; Iron 60 mg; Manganese 40 mg; Zinc 73.5; Copper 3 mg; Sodium 1 mg; Cobalt 1 mg; Iodine 0.75 mg; Potassium 0.035 mg. ³⁾Energi total dihitung berdasarkan nilai konversi protein =5,64 kkal/g; lemak 9,44 kkal/g; dan karbohidrat 4,11 kkal/g (*National Research Council, 1993*).

3.1.2.5 Kepiting bakau, *Scylla olivacea* dan *Scylla serrata*

Sesuai namanya, kepiting bakau, kepiting ini banyak ditemukan di sekitar hutan bakau. Akibat pembabatan hutan bakau yang banyak dikonversi sebagai tambak atau peruntukan lain, maka habitat kepiting ini di alam semakin berkurang. Oleh karena itu, perlu dikembangkan kegiatan budidayanya mulai dari perbenihan hingga pembesaran. Pada kegiatan pembenihan, pemeliharaan induk kepiting ini umumnya diberi pakan segar seperti ikan rucah segar, daging cumi segar, dan daging kerang segar.

Balai Riset Perikanan Budidaya Air Payau juga telah mencoba mengkaji penggunaan pakan buatan dalam pemeliharaan induk sebagai pakan alternatif, yaitu dalam bentuk *moist* pelet dan pelet kering. Namun penggunaan pelet kering belum mampu memberikan performansi reproduksi yang baik pada induk kepiting bakau, tetapi penggunaan pakan buatan dalam bentuk moist pellet dapat digunakan sebagai pakan alternatif (substitusi) untuk pakan segar pada induk kepiting bakau. Pada pendederan *krablet* kepiting bakau juga dapat digunakan pakan buatan karena mampu memberikan performansi pertumbuhan yang relatif sama dengan penggunaan pakan berupa rebon kering yang juga sering digunakan dalam pendederan *krablet*. Sementara pada pembesaran kepiting bakau, penggunaan pakan buatan berupa pelet kering belum mampu memberikan pertumbuhan yang optimum bagi kepiting bakau dibandingkan jika menggunakan pakan rucah. Oleh karena itu, penelitian inovasi tentang pakan buatan yang dapat memberikan pertumbuhan optimum bagi pembesaran kepiting bakau ini sangat diperlukan, khususnya pakan yang dapat meningkatkan respon kepiting bakau terhadap pelet kering, serta bentuk pakan yang cocok dengan cara makan kepiting bakau.



a. Formulasi Pakan Induk Kepiting Bakau

Tabel 20. Formulasi dan Komposisi Proksimat Pakan Buatan (*moist pellet* dan *pellet kering*) untuk Induk Kepiting Bakau (% bahan kering) (Usman *et al.*, 2015)

Bahan	Jumlah (%)
Tepung ikan	20
Tepung cacing tanah	20
Tepung cumi	20
Tepung kerang	10
Tepung tapioca	10
Tepung <i>Gracillaria</i> sp	5
Minyak ikan	4
Minyak kedelai	2
Vitamin mix	3
Mineral mix	3
Kolesterol	1
Lecitine	1
Astaxanthine	1
Komposisi proksimat:	
- Protein kasar	47,5
- Lemak	11,5
- Serat kasar	2,9
- Abu	12,2
- BETN ³⁾	25,9
- Energi total (Kkal/kg)	4810

b. Formulasi Pakan Pembesaran Kepiting Bakau

Tabel 21. Formulasi dan Komposisi Proksimat Pakan Pendederan Kepiting Bakau (% bobot kering) (Usman *et al.*, 2016)

Bahan	Jumlah (%)
Tepung ikan	38
Tepung cumi	10
Tepung rebon	15
Tepung terigu	17
Tepung tapioka	5
Tepung rumput laut (<i>Gracilaria</i> sp)	3
Minyak ikan	3
Minyak kedelai	1
Vitamin premix ¹⁾	3
Mineral premix ²⁾	3
Kuning telur (<i>egg yolk</i>)	0,5
Lecitine	1
Carophyll pink	0,5
Komposisi proksimat:	
- Protein kasar	46,9
- Lemak	9,1
- Serat kasar	2,3
- Abu	10,9
- BETN ³⁾	30,8
- Energi total (MJ/kg)	18,9

Keterangan

- 1) Vitamin premix (dalam 1 kg pakan): Vit. A90.000 IU; Vit. D3 30.000 IU; Vit. K3 36 mg; Vit. E 225 mg; Vit B₁ 90 mg; Vit B₂ 135 mg; Vit B₆ 90 mg; Vit B₁₂ 90 mg; Vit C 240 mg; Calcium D-Pentathenate 120 mg; Folic acid 45 mg, Biotin 300 mg, Inositol 375 mg, Nicotinamide 600 mg, Cholin chloride 450 mg.
- 2) Mineral premix (dalam 1 kg pakan): FeCl₃.4H₂O 1660 mg; ZnSO₄ 100 mg; MnSO₄ 67,5 mg; CuSO₄ 20 mg; KI 1.5 mg, CoSO₄.7H₂O 1,0 mg; Ca(H₂PO₄) 11.000 mg; MgSO₄.7H₂O 13.000 mg; K₂HPO₄ 8.000 mg;
- 3) BETN (Bahan ekstrak tanpa nitrogen).
- 4) Energi total dihitung berdasarkan nilai konversi untuk protein, lemak, dan BETN berturut-turut 21,3; 39,5; dan 17,2 MJ/kg (Cuzon & Guillume 1997).

c. Formulasi Pakan Pembesaran Kepiting Bakau

Tabel 22. Formulasi dan Komposisi Proksimat Pakan Pembesaran Kepiting Bakau (% bobot kering) (Kamaruddin *et al.*, 2017)

Bahan	Jumlah (%)
Tepung ikan	40
Tepung cangkang kepiting	10
Bungkil kopra	6
Tepung jagung	10
Tepung kedelai	15
Tepung terigu	7
Tepung daun murbei	10
Vitamin dan mineral premix	2
Komposisi proksimat:	
- Protein kasar	35
- Lemak	8,3
- Serat kasar	3,9
- Abu	12
- BETN	40,8
- Energi total (MJ/kg)	17,7

3.1.2.6 Formulasi pakan Ikan Laut

Protein merupakan salah satu komponen makro-nutrien yang diperlukan oleh ikan dan mempunyai peran utama dalam proses pertumbuhan. Kebutuhan protein untuk jenis ikan karnivora lebih tinggi daripada ikan herbivora. Beberapa peneliti melaporkan bahwa ikan karnivora seperti ikan kerapu membutuhkan protein berkisar 47,8-60,0 persen dan bervariasi menurut spesiesnya. Pada ikan kerapu lumpur membutuhkan kandungan protein sebesar 48 persen (Suwiryana *et al.*, 2005), kerapu bebek (*Cromileptes altivelis*) membutuhkan protein sebesar 54,2 persen (Giri *et al.*, 1999); kerapu batik (*Epinephelus polyphekadion*), kerapu sunu (*Plectropomus leopardus*) masing masing membutuhkan protein sebesar 48

persen (Marzuqi *et al.*, 2004; 2007). Selanjutnya pada penelitian lainnya Ellis *et al.*, 1996 melaporkan bahwa *E. striatus* membutuhkan protein yang tinggi sebesar 55 persen. Pada juvenil *E. salmoides* membutuhkan protein sebesar 50 persen (Teng *et al.*, 1978), *E. akara* sebesar 49,5 persen (Chen *et al.*, 1995), ikan kerapu *E. tauvina* sebesar 45-50 persen untuk tumbuh maksimal (Sukhawongs *et al.*, 1978; El-Dakour, 1982). Sedangkan *E. malabaricus* sebesar 47,8-52,2 persen (Chen dan Tsai, 1994; Shiau dan Lan, 1996). Untuk kebutuhan protein pakan kakap putih pada masa pendederan dan penggelondongan sebesar 45-50 persen.

Keseimbangan komposisi asam amino dalam pakan sangat menentukan efektivitas penggunaan protein pakan untuk pertumbuhan ikan. Untuk menyusun formula pakan yang efektif secara ekonomi untuk ikan kerapu dan ikan kakap maka kebutuhan asam amino esensialnya perlu diketahui secara lengkap dan harus diberikan kepada ikan dalam jumlah yang tepat. Selanjutnya efisiensi penggunaan protein pakan juga sangat ditentukan komposisi asam amino esensial. Hasil penelitian Giri *et al.*, 2006a melaporkan bahwa ikan kerapu bebek membutuhkan kandungan asam amino methionine sebesar 1,18 persen, asam amino lisin 2,77 persen (Giri *et al.*, 2006b) dan arginine 2,84 persen dalam pakan (Giri *et al.*, 2006c). Kekurangan protein dan asam amino esensial pada pakan berakibat turunya laju pertumbuhan dan deformasi tulang. Kebutuhan asam amino pada ikan karnivora berdasarkan Tacon (1986) dalam Akbar (2000) bisa dilihat pada tabel berikut.

Tabel 23. Kebutuhan Asam Amino Pada Ikan Carnivora untuk Pendederan dan Pembesaran Pakan Ikan Laut.

Asam amino esensial pada ikan karnivora (%)		
Jenis	Pendederan	Pembesaran
Arginine	0,211	0,194
Histidine	0,089	0,082
Isoleucine	0,137	0,126
Leucine	0,25	0,24
Lysine	0,29	0,266
Methionine	0,094	0,09
Phenylalanine	0,145	0,131
Threonine	0,113	0,104
Tryptophan	0,158	0,145
Valine	0,029	0,027

Tabel 24. Formulasi Pakan Pembesaran Ikan Kakap Putih

Bahan pakan	Jml (%)
Tp. Ikan	42
Tp. Kedelai	22
Tp. Kepala Udang	16
Tp. Terigu	7
Dedak Halus	5
Minyak ikan & kedelai	5
Suplemen (Vit, Min dll)	2
Binder	1
Total	100

Tabel 25. Formulasi Pakan Pembesaran Ikan Kerapu

Tp. Ikan	45
Tp. Kedelai	20
Tp. Kepala Udang	15
Tp. Terigu	6
Soy Protein konsentrat	6.5
Minyak ikan & kedelai	4
Suplemen (Vit, Min dll)	2
Binder	1.5
Total	100

Tabel 26. Pakan Pembesaran Ikan Lobster

Ikan	70
Kerang	20
Udang	10

Tabel 27. Formulasi Pakan Pellet Kering Untuk Pembesaran lobster

Tp. Ikan	55
Tp. Kepala udang	10
Tp. Terigu	6
Wheat gluten	6
Ikan (segar)	6
Daging kerang (segar)	6
Kepiting (segar)	1
Minyak ikan	2.5
Lecithin	1.7
Probiotik	
Suplemen (Vit, Min dll)	2.4
Soy Protein konsentrat	5
Stay C	0.4
Binder	1.3

Tabel 28. Aplikasi Pelet dikombinasi dengan Pakan Segar (25%) untuk Pembesaran Lobster

- Ikan segar (33,5%)	
- Kerang	33,3%
- Udang	33,3%

Bahan baku yang diperlukan untuk formulasi pakan ikan laut terutama komoditas kerapu, kakap dan lobster ditampilkan dalam Tabel 29.

Tabel 29. Persentase Kebutuhan Bahan dalam Pembuatan Pakan Kerapu, Kakap, dan Lobster

Bahan	Persentase Kebutuhan per Komoditas		
	Kerapu	Kakap Putih	Lobster
Tepung Ikan	42	45	55
Tepung Kedelai	22	20	
Tepung Kepala Udang	16	15	10
Tepung Terigu	7	6	6
Dedak Halus	5		
Soy Protein konsentrat		6,5	5
Wheat gluten			6
Ikan (segar)			6
Daging kerang (segar)			6
Kepiting (segar)			1
Minyak ikan & kedelai	5	4	2,5
Lecithin			1,7
Suplemen (Vit, Min dll)	2	2	2,4
Stay C			0,4
Binder	1	1,5	1,3

Pada budidaya komoditas kerapu dan kakap putih bisa diarahkan untuk menggunakan 100 persen pelet kering. Namun pada komoditas lobster, pengembangan pakan buatan dalam budidayanya masih dilakukan sehingga saat ini masih dilakukan kombinasi pemberian pakan segar dan pakan buatan dengan perbandingan 1:3. Untuk target produksi ikan kakap putih sebesar 7 ribu ton, kerapu sebesar 16 ribu ton, serta lobster sebesar 7,22 ribu ton, diperlukan pakan berturut-turut sebesar 10,5 ribu ton pelet kering, 28,8 ribu ton pelet kering serta 72,2 ribu ton pakan segar serta 18,05 ribu ton pelet kering. Berikut akan diuraikan kebutuhan bahan baku untuk pengembangan pakan mandiri.

3.1.2.7 Formulasi Pakan Ikan Air Tawar

Tabel 30. Pakan Buatan untuk Ikan Patin

No	Jenis Uji	Satuan (as feed)	Persyaratan Mutu		
			Benih	Pembesaran (grower/finisher)	Induk
1	Air, maks	%	12	,12/12	12
2	Abu, maks	%	13	13/13	13
3	Protein, min	%	30	28/25	35
4	Lemak, min	%	5	5/5	7
5	Serat kasar, maks	%	8	8/8	8
6	Non protein nitrogen, maks	%	0.20	0.20	0.20
7	Diameter pelet	mm	< 2	2-3/3-4	<4
8	Floating rate, min	%	90	90	90
9	Kandungan Mikroba/Toksin				
	Aflaktosin	ppb	< 50	<50	<50
	<i>Salmonella</i>	kol/g	- (neg)	- (neg)	- (neg)
	Kandungan antibiotik terlarang	g/kg	0	0	0
10	Kestabilan dalam air	menit	5 - 15	5 - 15	5 - 15
	mengapung/tenggelam, min				

Tabel 31. Pakan Buatan untuk Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*) pada Budidaya Intensif (SNI 01-7242-2006)

No	Jenis Uji	Satuan (as feed)	Persyaratan Mutu	
			Pendederan	Pembesaran
1	Air, maks	%	12	12
2	Abu, maks	%	13	13
3	Protein, min	%	30	25
4	Lemak, min	%	5	5
5	Serat kasar, maks	%	6	8
6	Non protein nitrogen, maks	%	0.20	0.20
7	Diameter pelet	mm	1-2	2-10
8	Kestabilan dalam air, min	Jam	90/2	90/2
9	Kandungan Mikroba			
	Aflaktosin	ppb	< 50	<50
	<i>Salmonella</i>	kol/g	- (neg)	- (neg)
10	Kandungan total pospor		1.2	1.2
11	Kandungan antibiotik terlarang	g/kg	0	0

Tabel 32. Pakan Buatan Untuk Ikan Lele Dumbo (*Clarias gariepinus*) Pada Budidaya Intensif (SNI: 01-4087-1996 Revisi 2006)

No	Jenis Uji	Satuan	Persyaratan Mutu		
		(as feed)	Benih	Pembesaran (grower/finisher)	Induk
1	Air, maks	%	12	,12/12	12
2	Abu, maks	%	13	13/13	13
3	Protein, min	%	30	28/25	30
4	Lemak, min	%	5	5/5	5
5	Serat kasar, maks	%	8	8/8	8
6	Non protein nitrogen, maks	%	0.20	0.20	0.20
7	Diameter pelet	mm	< 2	2-3/3-4	<4
8	Floating rate, min	%	80	80	80
9	Kandungan Mikroba/Toksin				
	Aflaktosin	ppb	< 50	<50	<50
	<i>Salmonella</i>	kol/g	- (neg)	- (neg)	- (neg)
	Kandungan antibiotik terlarang	g/kg	0	0	0
10	Kestabilan dalam air mengapung/tenggelam, min	menit	15/5	15/5	15/5

Tabel 33. Pakan Buatan untuk Ikan Mas (*Cyrpnus carpio* L.) Pada Budidaya Intensif (SNI: 01-4266-1997 Revisi 2006)

No	Jenis Uji	Satuan	Persyaratan Mutu		
		(as feed)	Benih	Pembesaran	Induk
1	Air, maks	%	12	,12/12	12
2	Abu, maks	%	13	13/13	13
3	Protein, min	%	30	25	30
4	Lemak, min	%	5	5	5
5	Serat kasar, maks	%	8	8	8
6	Non protein nitrogen, maks	%	0.20	0.20	0.20
7	Diameter pelet	mm	< 2	2-4	<4
8	Kestabilan dalam air	min	5	5	5
9	Kandungan Mikroba/Toksin				
	Aflaktosin	ppb	< 50	<50	<50
	<i>Salmonella</i>	kol/g	- (neg)	- (neg)	- (neg)
10	Kandungan antibiotik terlarang	g/kg	0	0	0

Tabel 34. Pakan Buatan untuk Ikan Gurame pada Budidaya Intensif (RSNI 2007)

No	Jenis Uji	Satuan	Persyaratan Mutu	
		(as feed)	Pendederan	Pembesaran
1	Air, maks	%	12	12-Jan
2	Abu, maks	%	13	15
3	Protein, min	%	35	25
4	Lemak, min	%	5	5
5	Serat kasar, maks	%	8	8
6	Non protein nitrogen, maks	%	0.20	0.20
7	Diameter pelet	mm	< 2	2-4
8	Kestabilan dalam air, min	menit	5	5
9	Kandungan Mikroba			
	ALT	kol/g	<7.7 x 10 ³	<7.7 x 10 ³
	Kapang	kol/g	< 50	<50
	<i>Salmonella</i>	kol/g	- (neg)	- (neg)
10	Kandungan antibiotik terlarang			
	Chloramphenicol	g/kg	0	0
	Tetracycline	g/kg	0	0
11	Kandungan cemaran			
	Aflatoxin	g/kg	0	0

3.1.2.8 Formulasi Pakan Ikan Hias

Ikan hias merupakan komoditas yang berbeda dengan ikan konsumsi. Ikan hias memiliki persyaratan pakan yang lebih spesifik dibandingkan pakan ikan konsumsi karena ikan hias memiliki kriteria lain yang harus diperhatikan khususnya dalam hal kualitas meliputi warna, ukuran, bentuk tubuh, dan tingkah laku. Kebutuhan spesifik pada ikan hias tersebut akan menentukan persyaratan kebutuhan pakannya.

Ikan hias adalah organisme perairan yang memiliki keunikan dibandingkan organisme lainnya. Disebut ikan hias karena memiliki keunikan dan penampilan yang indah sehingga dapat dijadikan “hiasan” hidup. Meskipun organisme ini adalah ikan namun karena keunikan dan penampilan yang indah tersebut menyebabkan organisme ini tidak umum dikonsumsi oleh manusia. Keunikan dalam kriteria suatu organisme perairan yang disebut ikan hias di antaranya adalah langka, eksotik, unik (penampilan atau tingkah laku) serta *marketable* (diterima pasar). Keunikan dan penampilan pada ikan hias inilah yang merupakan nilai utama dari kualitasnya.

Kriteria ikan hias berkualitas

1. Bentuk (keunikan) ikan hias dapat ditampilkan dalam bentuk tubuhnya yang pipih atau bulat, pendek atau panjang, siripnya berjuntai atau normal, matanya besar atau menonjol. Hal ini umumnya dihasilkan dari persilangan (hibridisasi), seleksi, atau pemuliaan.
2. Ukuran ikan berdasarkan besar atau kecilnya. Ukuran ikan dipacu karena pertumbuhan yang optimal yang dapat dihasilkan melalui pakan yang baik, penggunaan bibit unggul, atau pemberian *growth hormone*.
3. Kebiasaan ikan atau keunikan perilaku adalah salah satu kriteria pada beberapa jenis ikan seperti gaya berenangannya tenang atau gesit, bergerombol atau tidak, serta agresifitas atau sifat agonistik. Kriteria ini juga menentukan kualitas beberapa jenis ikan hias seperti ikan cupang aduan, Arapaima, Aligator, dan sebagainya. Kriteria ini bisa dibentuk melalui *treatment* tertentu, pembiasaan, atau latihan.
4. Corak warna, kepekatan, kecerahan serta keserasian warna. Warna ikan adalah subjek yang menarik, meskipun genetika pada ikan apapun memainkan peran utama dalam menentukan warna apa yang akan muncul, tetapi ada banyak variabel faktor lain yang ikut mempengaruhi dan yang dapat kita sesuaikan. Warna merupakan kriteria kualitas ikan hias yang paling utama pada sebagian besar ikan hias. Kualitas ikan hias ini terutama dihasilkan melalui penambahan pigmen warna dalam pakan untuk pigmentasi kulit, sirip, maupun sisik. Ada pigmen yang tidak dapat disediakan oleh tubuh sehingga harus disuplai dengan pakan. Pigmen tersebut adalah karotenoid yang bertanggungjawab untuk meningkatkan kualitas warna terutama kuning hingga merah.

Kebutuhan pakan ikan hias secara umum dari makro nutrien hampir mirip dengan ikan pada umumnya, yaitu membutuhkan protein, lemak, karbohidrat, vitamin, dan mineral. Pembeda dari kebutuhan pakan ikan hias adalah kebutuhan spesifiknya. Kebutuhan spesifik dapat diperoleh sesuai dengan komoditas/jenis ika hias tersebut. Sebagai contoh, ikan-ikan hias yang menarik dari sisi warna membutuhkan asupan pigmen untuk mempertahankan dan meningkatkan kualitas warnanya yaitu pigmen karotenoid. Pigmen ini dapat berasal dari bahan sintesis maupun alami. Bahan alami yang umumnya digunakan sebagai asupan karotenoid adalah bagian bunga seperti mahkota bunga marigold dan bunga sepatu. Karotenoid juga bisa didapat dari tanaman air seperti Chlorella, Spirulina, maupun Lemna. Bahan lain seperti dedaunan juga bisa digunakan sebagai sumber karotenoid seperti daun kelor, daun turi, dan daun pacar. Selain bahan nabati, bahan alam dari hewan juga dapat

menjadi sumber karotenoid seperti kepala udang, krustasea kecil lainnya (kepiting, undur-undur laut, keong mas dan sebagainya). Tabel berikut ini adalah contoh kebutuhan nutrient pada beberapa jenis ikan hias.

Tabel 35. Kebutuhan Nutrient pada Pakan Ikan Hias

Ikan	Spesies	Protein (%)	Lemak (%)	Karbohidrat (%)	Vitamin	Mineral
Guppy	<i>P. reticulate</i>	30-40	< 15%	Tidak esensial	Vit C 25-360 mg/kg Vit A 2000-4000 IU	P 0,5-1,3 Fe 0,008 Mg 0,05 Zn 0,01
Ikan maskoki	<i>C. auratus</i>	29 - 53				
<i>Tin foil barb</i>	<i>Barbodes altus</i>	41,7				
<i>Discus</i>	<i>S.aequifasciata</i>	44,9-50,1				
<i>Red head Cichlid</i>	<i>C. synspilum</i>	40,8				
<i>Rainbow kurumoi</i>	<i>M. parva</i>	30-40				
Ikan hias umumnya		30-45				

Tabel 36. Kebutuhan Pakan Ikan Hias Berdasarkan Siklus Hidupnya

Ikan	Induk	Larva	Benih
Guppy, platy	Pakan buatan 1,0-2,0 mm	Pakan alami berjenjang mulai dari Infusoria, artemia, moina	Pakan alami: cacing sutra, cacing darah, moina, atau culex. Pakan buatan: size 0,4-0,8 mm
Ikan maskoki, koi	Pakan buatan size 5,0-8,0 mm Pakan alami maggot	Pakan alami berjenjang mulai dari Infusoria, artemia, moina, dilanjutkan dengan cacing beku cacah	Pakan buatan: size 1,0-2,0 mm Pakan alami: magot
Barbus	Pakan buatan 1,0-2,0 mm	Pakan alami berjenjang mulai dari Infusoria, artemia, moina	Pakan alami: cacing sutra, cacing darah, moina, atau culex Pakan buatan: size 0,4-0,8 mm
Discus	Pakan buatan 1,0-2,0 mm	Pakan alami berjenjang mulai dari Infusoria, artemia, moina	Pakan alami: cacing sutra, cacing darah, atau culex Pakan buatan: size 0,4-0,8 mm
Cichlid	Pakan buatan 2,0-5,0 mm	Pakan alami berjenjang mulai dari Infusoria, artemia, moina	Pakan alami: cacing sutra, cacing darah, atau culex Pakan buatan: size 0,4-2,0 mm
Rainbow	Pakan buatan 1,0-1,5 mm	Pakan alami berjenjang mulai dari Infusoria, artemia, moina	Pakan alami: cacing sutra, cacing darah, moina, atau culex Pakan buatan: size 0,4-0,8 mm
Arwana	Jangkrik, ikan mas kecil, ulat hongkong, percil, kelabang	Pakan alami berjenjang mulai dari artemia, moina, cacing darah cacah	Jangkrik kecil, ulat hongkong, kelabang
Tigerfish	Ikan selar potong, cumi, udang-undangan, nila potong	Belum diketahui	Pakan alami: cacing sutra, cacing darah, daging ikan cincang atau culex

Tabel 37. Kebutuhan Dosis Pigmen per Kg Pakan dari Beberapa Sumber Karotenoid

Spesies	Sumber Karotenoid	Dosis	Organ target
Maskoki	Astaxanthin (sintetis) Bunga marigold (lutein alami)	36-37 mg/kg 200 mg/kg	kulit
Koi	Astaxanthin (sintetis) Cantaxanthin (sintetis) Spirulina platensis (alami)	80 mg/kg 150 mg/kg 75000 mg/kg	kulit
Karasin	Astaxanthin	40 mg/kg	jaringan tubuh
Guppy	Astaxanthin	50 mg/kg	kulit
<i>Freshwater red velvet swordtails, rainbow, dan topaz cichlids</i>	<i>H. pluvialis</i> (98% astaxanthin) Spirulina platensis (alami) Astaxanthin (sintetis)	10.000 mg/kg 15.000 - 20.000 mg/kg 200 mg/kg	kulit

“

Ikan hias adalah organisme perairan yang memiliki keunikan dibandingkan organisme lainnya. Disebut ikan hias karena memiliki keunikan dan penampilan yang indah sehingga dapat dijadikan “biasan” hidup.



Bantuan Pemerintah

PAKAN MANDIRI

Stimulus Usaha Pembudidaya
Ditengah Covid-19

PB - BALAI BESAR PEMBUDIDAYA AIR PAYAU JEPARA

@bpbjepara

bpbjepara

Jepara

EMRBP JEPARA



BAB IV.

STRATEGI PENGEMBANGAN PAKAN MANDIRI

Pengembangan pakan mandiri untuk ikan, udang maupun lobster dapat dilakukan dengan beberapa tahapan, yaitu, perapihan peta bahan baku pakan, standarisasi kualitas bahan baku lokal, penyediaan sarana dan prasarana, pendampingan, kemitraan dengan industri terkait, penyusunan regulasi pendukung, pengembangan prototipe pakan semi mandiri, pengembangan prototipe industri pakan mandiri.

4.1 Penyediaan Peta Bahan Baku Pakan Ikan

Sampai saat ini peta sebaran bahan baku lokal yang dapat digunakan untuk bahan baku pakan ikan di seluruh Indonesia belum dibuat. Peta sebaran yang sudah ada hanya di 3 provinsi saja yaitu Sumatera, Jawa dan Kalimantan (gambar 2). Namun demikian, peta tersebut akan terus dilengkapi melalui kegiatan koleksi data dan informasi dari berbagai sumber termasuk penyuluh perikanan yang tersebar di seluruh Indonesia.

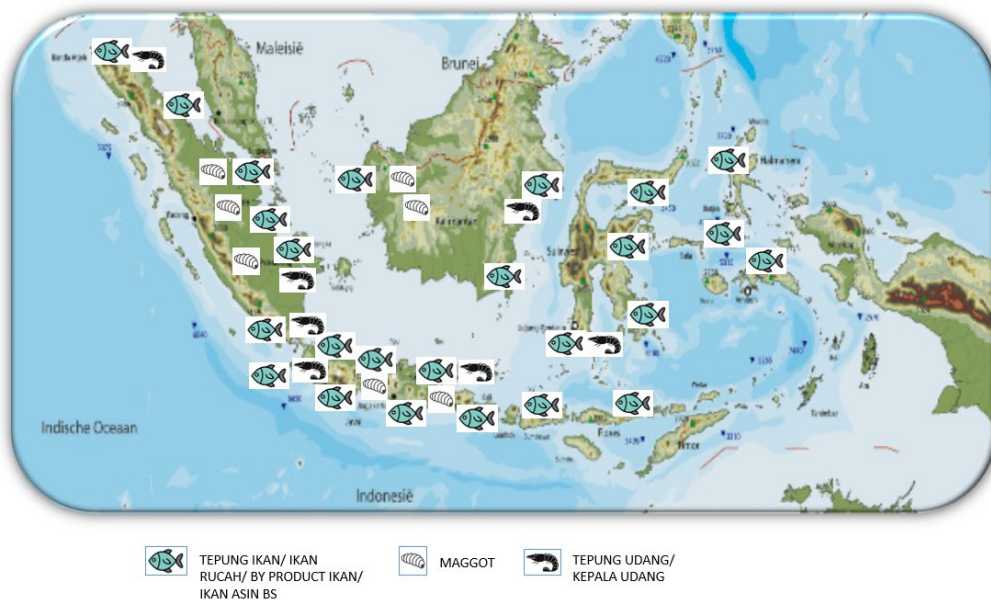
Dari peta sebaran bahan baku lokal tersebut beberapa di antaranya menunjukkan bahwa aktivitas pertanian, perkebunan, perikanan bahkan industri dan perkotaan memiliki peran penting dalam ketersediaan bahan baku pakan. Wilayah yang penduduknya banyak melakukan kegiatan pertanian, perkebunan dan perikanan, sehingga wilayah ini memiliki bahan baku pakan yang cukup dari kegiatan tersebut. Selain itu, wilayah pesisir yang memiliki fasilitas pendaratan ikan memiliki kemampuan untuk memproduksi tepung ikan dari ikan hasil tangkapan samping. Wilayah pesisir timur Sumatera (mulai dari Riau sampai Medan), Pantai Utara Jawa (Indramayu, Cirebon, Tegal, Pekalongan, Pati, Gresik), Pantai Selatan Jawa (Cilacap, Kebumen, Pacitan), Selat Bali (Banyuwangi), Kalimantan Selatan (Kota Baru), Kalimantan Barat (Pontianak). Namun semenjak penggunaan alat tangkap cantrang dilarang penggunaannya, hasil samping tangkapan berkurang secara signifikan sehingga memengaruhi pasokan tepung ikan. Daerah lainnya seperti di Sulawesi Utara tersedia bahan baku spesifik bungkil kopra cukup melimpah. Ketersediaan bahan baku spesifik lokasi sangat tergantung pada hasil alam di wilayah budidaya masing-masing. Pada daerah-daerah yang terdapat industri pengolahan hasil perikanan dapat dihasilkan tepung

tulang dan kepala ikan, tepung kepala udang, serta minyak ikan dan dedak. Demikian juga, di wilayah Jembrana dihasilkan tepung ikan serta dedak halus, di wilayah Meranti dihasilkan dedak halus dan di wilayah Lombok Timur dihasilkan ikan segar dan dedak halus. Ketersediaan bahan baku tersebut dapat dijadikan sebagai nilai tambah dalam pengembangan pakan mandiri.

Gambar 2. Peta Sebaran bahan baku pakan di Sumatera, Jawa, dan Kalimantan



Gambar 3. Sebaran bahan baku pakan asal hewani



Gambar 4. Sebaran bahan baku pakan asal nabati



Tabel 38. Beberapa Bahan Baku Lokal yang Potensial digunakan dalam Pengembangan Pakan Ikan Mandiri di Wilayah Sulawesi Selatan dan Sulawesi Barat

Jenis bahan	Protein	Lemak	Serat kasar	Abu	BETN
Tepung ikan sarden	65,3-69,1	5,1-6,9	1,2-1,6	13,0-16,2	10,4-11,2
Tepung ikan lokal (campuran)	44,7- 55,4	4,8- 10,8	1,1- 3,4	21,7- 24,7	11,0-22,3
Tepung kepala udang	44,4- 49,8	3,8- 8,4	15,8- 19,7	25,7- 27,8	1,2-2,8
Tepung limbah ayam	59,1- 62,7	17,2- 22,3	1,9-2,4	5,3-7,4	8,8-12,9
Tepung keong mas	51,8- 66,0	5,2- 13,6	2,8-6,1	11,2-24	4,5-14,8
Tepung limbah kepiting	6,6- 10,1	1,0-3,1	3,8-8,3	58,2-62,3	25,3-25,9
Tepung kedelai lokal	36-41	18,4-20	3,5-6,4	6,0-7,2	27,4-38,5
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	29,3- 29,8	5,2-6,7	16,4-16,5	7,2-8,4	35,6-41,8
Tepung jagung	10,2- 11,0	3,8-4,1	1,7-2,4	1,8-2,2	77,5-82,1
Mi apikiran / limbahnya	10-11	5,3-17,5	0,81-2,5	4,2-4,8	62,4-79,9
Tepung rumput gosse (<i>Ceratophyllum</i>)	17-20,8	2,7-3,2	13,5-16,6	28,4-30,5	27,4-31,0
Tep kanji / tapioka	0,2-0,5	0,2-0,3	0,9-1,5	7,0-8,2	89,2-90,7
Tep. rumput laut, <i>Sargasum</i> sp	7,3-9,0	0,7-1,3	19,4-26,2	23,9-37,3	28,5-47,8
Tep. rumput laut, <i>Gracilaria</i> sp	13,0	0,9	16,1	15,1	54,9
Tep. rumput laut, <i>Ulva</i> sp alam	8,5	0	8,7	60,4	22,4
Tep. rumput laut <i>Ulva</i> sp budidaya	29,6	0	7,0	16,4	47

4.2. Standarisasi Kualitas Bahan Baku Pakan Ikan

Kualitas pakan ikan ditentukan oleh tiga faktor utama, yaitu kualitas bahan baku (25%), formulasi pakan (45%), dan pengolahan pakan (30%). Walaupun kontribusinya hanya sekitar 25 persen terhadap kualitas pakan, namun bahan baku pakan ini justru sangat krusial terhadap keberlangsungan pengembangan pakan mandiri. Pada pengembangan pakan mandiri diharapkan dominan menggunakan bahan baku lokal. Dari aspek biaya produksi pakan, biaya bahan baku mencapai 65 – 70 persen. (Lihat **Tabel 39** dihalam lampiran).

Rekomendasi penggunaan bahan baku disesuaikan dengan spesies ikan dan stadia (umur). Namun demikian perlu juga dibuat rekomendasi umum yang tidak memberikan efek negatif bagi pertumbuhan ikan.

Tabel.40. Rekomendasi Level Penggunaan Bahan Baku Lokal dalam Formulasi Pakan Pelet

No	Bahan Baku	Rekomendasi	Spesies
1	Dedak halus	Max 30%	Ikan Herbivora
		Max 10%	Ikan Carnivora
		3-5%	Udang /Crustase
2	Bungkil Kopra	5-15%	
3	Jagung	Max 5%	Ikan Carnivora
		5-20 %	Ikan Herbivora
4	Tepung Ikan Asin Reject	Max 20%	Ikan carnivora
5	Tepung Kepala Udang	3-20%	Udang
6	Tepung Daun Lantoro	Max 15%	Ikan Herbivora
7	Tepung daun Indigofera	Max 20%	Ikan Herbivora
8	Rumput Laut	5-20%	Ikan Herbivora
9	Tepung Magot	5-15%	Ikan Herbivora
10	Eceng Gondok	2-10%	Ikan Herbivora
11	Udang rebon	Max 20%	Ikan Carnivora dan Udang

Rekomendasi pakan alami yang umum diberikan secara langsung kepada ikan herbivora, seperti daun sente, daun ubi jalar, daun singkong, daun hidrila perlu kajian lebih lanjut tergantung segmentasi pasar dan target panen dari ikan yang dipelihara. Penggunaan 100 persen bahan alami untuk segmentasi pasar ekspor (organik) dapat dilakukan dengan konsekuensi masa panen lebih lama. Rekomendasi umum untuk menyiasati pertumbuhan, mengurangi biaya dan kecepatan panen ikan herbivore/omnivora dapat dilakukan dengan perbandingan 30 (daun) : 70 (pelet) setelah ikan berusia 3 bulan, daun (sente, hidrila, azola) diberikan pada pagi hari, selanjutnya siang dan sore diberi pakan pelet.

Pakan alami dapat digunakan sebagai sumber protein di antaranya adalah kutu air (moina, daphnia, rotifer), cacing darah, cacing sutera, cacing tanah. Jenis pakan ini diperlukan pada komoditas tertentu (ikan hias) dan stadia tertentu. Contohnya, kutu air diberikan pada larva dan benih ikan yang belum dapat diberi pelet atau pakan alami lainnya, sedangkan jenis-jenis cacing umumnya diperlukan untuk kematangan gonad ikan.

Pengembangan ikan yang termasuk jenis *herbivora fish* atau *low tropic level fish* dapat dikembangkan dengan memberikan pakan yang sebagian besar atau seluruhnya dari tumbuhan. Berbagai jenis ikan yang termasuk spesies tersebut diantaranya yaitu: seperti pada tabel di bawah

Tabel. 41. Jenis Tanaman yang Dapat Digunakan Sebagai Sumber Pakan Ikan

No	Jenis Ikan	Tanaman full	Sebagian
1	Gurame	daun sente, singkong, ubi jalar, talas, Porang	3 bulan pertama menggunakan pakan buatan
2	Nilem	plankton (peripiton / zooplankton) benih	Daun-daunan (pellet) singkong, hydrilla, azolla, matalele, Setelah ukuran
3	Bandeng	(plankton-- klekap-- makro a lga)	
4	Tawes	Singkong, daun sente, ubi jalar dan talas Benih : plankton	Daun-daunan (pellet) singkong, hydrilla, azolla, matalele,
5	Tor	buah sawit, buah jeruk dan pandan, tanaman air (makro alge) dan plankton	-
6	Tambakan	Benih :plankton	-
7	Sepat	Benih : Plankton , mikro alge	-
8	Belanak	plankton dan tanaman air	-
9	Grass carp	Benih : plankton enceng gondok dan jenis tubuhan lainnya	-
10	Mola	plankton	-
11	Baronang	Gracillaria	
12	Abalon	Gracillaria	

Tabel 42. Kebutuhan Bahan Baku Pakan Ikan Per Jenis Ikan Air Tawar

PERSENTASE PENGGUNAAN BAHAN BAKU PAKAN (%)															
BAHAN BAKU PAKAN	Ikan Nila (<i>Oreochromis niloticus</i>)				Ikan Lele (<i>Clarias gariepinus</i>)				Ikan Patin (<i>Pangasius hypophthalmus</i>)				Ikan Mas (<i>Cyprinus carpio</i>)		
	Pakan induk	Pakan benih	Pakan pembersaran		Pakan induk	Pakan benih	Pakan pembersaran		Pakan induk	Pakan benih	Pakan pembersaran		Pakan induk	Pakan benih	Pakan pembersaran
I Pakan Buatan															
A Bahan Baku Utama															
1 Tepung ikan lokal, CP > 50%	15	15	8		20	15	15		20	18	10.5		26.5	30	10
2 Tepung bungkil kedelai, CP > 40%	15	15	14		10	12	10		10	15			15	15	18
3 Dedak Padi, CP > 12%	20.5	20.5	30		20	22	24		18	17.5	26		15	12	25
4 Minyak ikan	3	3	2		3	3	2		4	3	1		3	2	1
5 Minyak jagung													1		
6 Minyak sawit	4	4	3		4	3	2		4	3	3		2	2	2
7 Vitamin miks	2	2	2		2	2	2		2	2	1.5		2	2	2
8 Mineral miks	1.5	1.5	1.5		1.5	1.5	1.5		1.5	1.5	1.5		1.5	1.5	1.5
B Bahan baku penunjang															
1 Tepung maggot								10				10			
2 Tepung cacing lumbricus															
3 Tepung ikan lokal, CP < 50%												22			
4 Tepung udang														5	5
5 Tepung kepala udang	10	10	7						10	10					
6 Tepung ikan rucah	24	24	20								23				11.5
7 Tepung ikan asin															
8 Tepung tulang dan daging													15	16.5	8
9 Tepung ikan (By product pengolahan ikan)					24	10	25								
10 Tepung jingking					7		7.5								

11	Dedak pollar																					
12	Tepung Bungkil biji karet																					
13	Bungkil sawit			7.5											10							
14	Bungkil kopra		4			5																
15	Tepung jagung					2					3											
16	Tepung Gapek		4			4																
17	Minyak cumi				1.3																	
18	Tapioka	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	3	3	3	3	3						3
19	Terigu													3								
C	Suplement																					
1	Tepung Chlorella								0.5	0.5								20				
2	Choline chloride	0.5	0.5	0.5	0.5				0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
3	Di-calsium phosphate																					
4	Stay-C/ Vitamin C	0.3							0.5	0.5											0.3	
5	α -tocopherol acetate/ Vitamin E	0.2										0.2	0.2	0.5	0.5	0.2						
6	NaCl																					
7	Ragi roti																					
8	MSG (Glutamin)										1											
9	Asam amino (Metionin, lisin, dll)		0.5	0.5	0.5				1	0.5	1	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5						0.5
10	Attraktan (Betain, dll)							0.2														
11	Egg Stimulant						0.5					1										
	TOTAL	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Tabel 43. Kebutuhan Bahan Baku Pakan Ikan Per Jenis Ikan Air Laut

No	Bahan	Persentase Kebutuhan per Komoditas		
		Kerapu	Kakap Putih	Lobster
BAHAN BAKU UTAMA				
1	Teoung Ikan	42	45	55
2	Tepung Kedelai	22	20	
3	Tepung Kepala Udang	16	15	10
4	Tepung Terigu	7	6	6
5	Dedak Halus	5		
6	Soy Protein Konsentrat		6.5	5
7	Wheat Gluten			6
B. BAHAN BAKU PENUNJANG				
1	Ikan (segar)			
2	Daging kerang (segar)			6
3	Kepiting (segar)			6
4	Minyak ikan dan kedelai			1
C, SUPLEMEN			5	4
1	Lecithin			
2	Suplemen (Vit, Min dll)			
3	Stay C			1.7
4	Binder	2	2	2.4
				0.4

4.3. Pengendalian Mutu Bahan Baku Lokal dan Rekomendasi Penggunaannya.

Tabel 45. Pengendalian Mutu Pakan Ikan

No	Jenis Pakan Ikan	Parameter Uji Mutu*
1	Pakan Ikan Buatan	<ul style="list-style-type: none">• Proksimat (kadar protein, lemak, abu, air dan serat kasar)• N2 Bebas• BETN• Salmonela• Aflatoxin• Logam Berat (Pb, Cd, Hg)• Antibiotik (Nitrofuram, Chloramphenicol, Oxytetracyclin)
2	Pakan Alami	<ul style="list-style-type: none">• Proksimat (kadar protein, lemak, abu, air dan serat kasar)• Khusus artemia (Hatching rate; Hatching Percentage; Jumlah Kista)

4.4. Peningkatan Kualitas Bahan Baku Pakan Lokal

Kualitas bahan baku lokal memiliki nilai yang bervariasi tergantung daerah, jenis bahan baku, dan musim perolehan. Permasalahan utama terkait pemanfaatan bahan baku nabati hasil samping pertanian dan perkebunan adalah kandungan serat kasar yang tinggi serta adanya zat anti nutrisi seperti asam fitat dan gosipol yang mempengaruhi pemanfaatan bahan tersebut oleh ikan. Permasalahan kualitas bahan baku berbasis hasil samping industri perikanan antara lain tingginya kadar air (jika bahan belum diolah), tingginya kandungan chitin (tepung udang) dan tingginya kandungan abu (sisa fillet ikan atau ikan asin BS).

Beberapa strategi yang dapat dilakukan untuk meningkatkan kualitas bahan baku pakan antara lain :

- mendorong penggunaan probiotik yang mampu mereduksi serat kasar atau screening mikroba yang dapat mereduksi asam fitat
- Mendorong unit-unit usaha yang menghasilkan bahan baku dengan tingkat kehalusan yang baik sehingga memengaruhi kualitas pakan yang dihasilkan

Gambar 5. Maggot dan produksi maggot skala rumah tangga



Data bahan-bahan baku lokal dibuat standar minimal-maksimal nilai nutrisi bahan tersebut dapat dipakai dalam pakan. Bahan Pakan dikelompokkan menjadi 3 jenis yaitu sumber protein (Protein > 20%), sumber karbohidrat, dan bahan pakan yang umumnya diberikan langsung pada ikan (daun sente, daun singkong, hidrila dan lain-lain). Dalam hal pengendalian mutu bahan pakan dan pakan yang dibuat perlu dilakukan analisis parameter nutrisi secara berkala

a. Pengembangan sumber protein hewani

Jenis ikan karnivora yang membutuhkan protein tinggi dan sebagian besar bahan baku diperoleh dari impor, maka strategi yang dapat dilakukan untuk pemenuhan sumber protein dalam negeri dapat dilakukan melalui pengembangan sumber-sumber protein di antaranya yaitu:

1. Cacing sutera
2. Cacing lumbricus (cacing tanah)
3. Keong mas
4. Ikan rucah
5. Magot
6. Kutu air
7. Dinking (larva kepiting, musiman) (satu tahun 2 kali) (pacitan dan gunung kidul)

b. Pengembangan Pakan Buatan Untuk Jenis Ikan Herbivora fish atau low tropic level species

Pengembangan ikan yang termasuk jenis *herbivora fish* atau *low tropic level fish* dapat dikembangkan dengan memberikan pakan yang sebagian besar atau seluruhnya dari tumbuh-tumbuhan. Berbagai jenis ikan yang termasuk spesies tersebut seperti pada tabel di bawah.

Tabel 46. Penggunaan Jenis Pakan Hijauan untuk Ikan

No	Jenis ikan	Jenis Pakan Hijauan	Penggunaan
1	Gurame (<i>Osphronemus goramy</i>)	Lemna/ Azolla	Dapat digunakan pada ikan gurame mulai ukuran 50 – 400 gram, dapat mensubstitusi 10 – 30% penggunaan pakan komersial
		Daun sente (<i>Alocasia macrorrhiza</i>) dan daun talas	Dapat digunakan pada ikan gurame mulai ukuran 70 – 3000 gram, dapat menggantikan sampai dengan 100% pakan komersial namun memberikan dampak terhadap lama waktu pemeliharaan serta perlu diperhitungkan penggunaannya pada usaha budidaya ikan gurame intensif berskala besar
		Daun singkong dan ubi jalar	Dapat digunakan pada ikan gurame ukuran 100 – 700 gram, dapat digunakan hingga 50% menggantikan pakan komersial, terutama pada budidaya ikan gurame sistem semi intensif
		Kangkung	Dapat digunakan pada ikan gurame mulai ukuran 50 – 3000 gram, dapat menggantikan sampai dengan 100% pakan komersial namun memberikan dampak terhadap lama waktu pemeliharaan serta perlu diperhitungkan penggunaannya pada usaha budidaya ikan gurame intensif berskala besar
		Limbah pasar (sisa caisim, kubis, daun kembang kol)	Dapat digunakan pada ikan gurame ukuran 100 – 700 gram, dapat digunakan hingga 30% menggantikan pakan komersial, terutama pada budidaya ikan gurame sistem semi intensif
2	Nilem (<i>Osteochillus hasselti</i>)	Fitoplanton & Perifiton	Dapat gunakan 100% untuk tahap pendederan 1 (fase larva hingga ukuran 2-3 cm)
		Lemna dan Azolla	Dapat gunakan 100% mulai ukuran 20 gram, terutama pada usaha budidaya nilem ekstensif dan semiintensif
		Hydrilla	Dapat gunakan 100% mulai ukuran 20 gram, terutama pada usaha budidaya nilem ekstensif dan semiintensif

4.3. Kontinuitas Ketersediaan Bahan Baku

Permasalahan yang dihadapi dalam pemenuhan kebutuhan bahan baku pakan lokal yaitu ketersediaannya yang tidak sepanjang tahun, tersebar di berbagai lokasi dan kadang tidak sama dengan lokasi sentra budidaya ikan serta beberapa karakternya bersifat musiman. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, maka harus mulai dibuatkan skema tentang jejaring logistik bahan baku pakan dan platform sistem informasi ketersediaan bahan baku lokal yang ada di setiap lokasi

4.3.1 Jejaring Logistik Bahan Baku Pakan

Jejaring logistik Bahan baku untuk mendukung kebijakan pakan mandiri membutuhkan berbagai komponen pendukung. Dimulai dari penyedia bahan baku yang berupa hasil samping baik dari kegiatan perikanan, hasil pertanian serta hasil samping produksi pertanian dan perkebunan serta hasil olahan industri pangan yang akan dijadikan sumber bahan pakan, pengolah bahan baku menjadi bahan yang siap digunakan sebagai bahan pakan ikan.

Gambar 6. Unit usaha pengolahan bahan baku pakan berbasis hasil samping pertanian dengan konsep perberdayaan wanita tani di Kabupaten Sleman, Yogyakarta



Sebagai contoh, beberapa bahan baku lokal hasil pertanian yang tersedia dalam jumlah besar adalah jagung, singkong (gaplek), dan sorgum. Walaupun hasil pertanian ini bersaing dengan kepentingan pemenuhan kebutuhan manusia dan ternak, namun beberapa wilayah memiliki kelimpahan yang sangat tinggi sehingga dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan pakan ikan. Bahan baku lain yang dapat digunakan adalah hasil samping pertanian dan perkebunan. Bahan-bahan tersebut antara lain biji karet, dedak padi, bekatul, baggase tebu, tongkol jagung, bungkil singkong (by product industri tapioka), kulit kopi, kulit kakao, limbah agave, bungkil sawit, bungkil kelapa (bungkil kopra), kulit biji kedelai.

Model pengadaan bahan baku pakan berbasis hasil samping pertanian dan perkebunan dapat menggunakan model yang digunakan pada pengolahan biji karet. Pada sentra perkebunan karet, diperlukan tenaga untuk mengumpulkan biji karet. Tenaga ini bisa menggunakan tenaga paruh waktu penyadap karet sehingga mampu memberikan penghasilan tambahan bagi penyadap karet. Selanjutnya biji karet dibawa ke usaha pengolahan tepung biji karet (pemecah cangkang, pengepres biji karet, dan penepung) sehingga keluaran dari pengolahan biji karet berupa tepung dan minyak biji karet. Selanjutnya jika lokasi produsen tepung biji karet berjauhan maka diperlukan pengepul tepung dan minyak biji karet untuk selanjutnya dikirim kepada pabrik pakan mandiri. Model produksi biji karet ini dapat diterapkan di sentra-sentra perkebunan biji karet seperti di Lampung, Sumatera Selatan, Riau, Bengkulu dan Jawa Barat.

Gambar 7. Model jejaring pengolahan biji karet sebagai bahan baku pakan



Hasil samping industri pengolahan perikanan juga menghasilkan bahan baku yang berkualitas baik. Industri pengolahan perikanan yang menghasilkan bahan baku pakan ikan antara lain pengolahan udang, industri filet ikan, kecap ikan, dan pengalengan sarden. Bahan-bahan tersebut umumnya diproduksi dalam bentuk basah dan menghabiskan ruang (*bulky*) sehingga diperlukan kebijakan khusus atau mendorong usaha pengolahan lanjutan untuk memproduksi bahan baku pakan ikan. Industri pengolahan udang menghasilkan kepala dan kulit udang yang dapat dijadikan tepung kepala udang (*shrimp head mill*) atau tepung ikan dari limbah kecap ikan dan sisa filet ikan.

Gambar 8. Unit usaha pengolahan limbah ikan tuna menjadi tepung ikan di Kabupaten Pacitan.



Selain bahan-bahan konvensional yang telah disebutkan terdahulu terdapat beberapa bahan yang potensial digunakan dalam pakan mandiri. Bahan-bahan tersebut antara lain protein sel tunggal (*by product* industri vetsin), penggunaan tepung tanaman air (*azolla*, *lemna*, *hydrilla*), dan penggunaan maggot). Penggunaan bahan baku ini memiliki posisi penting dalam pakan mandiri karena keseluruhan bahan-bahan tersebut (kecuali protein sel tunggal) dapat dikembangkan di berbagai daerah sentra budidaya sebagai bahan baku pakan ikan.

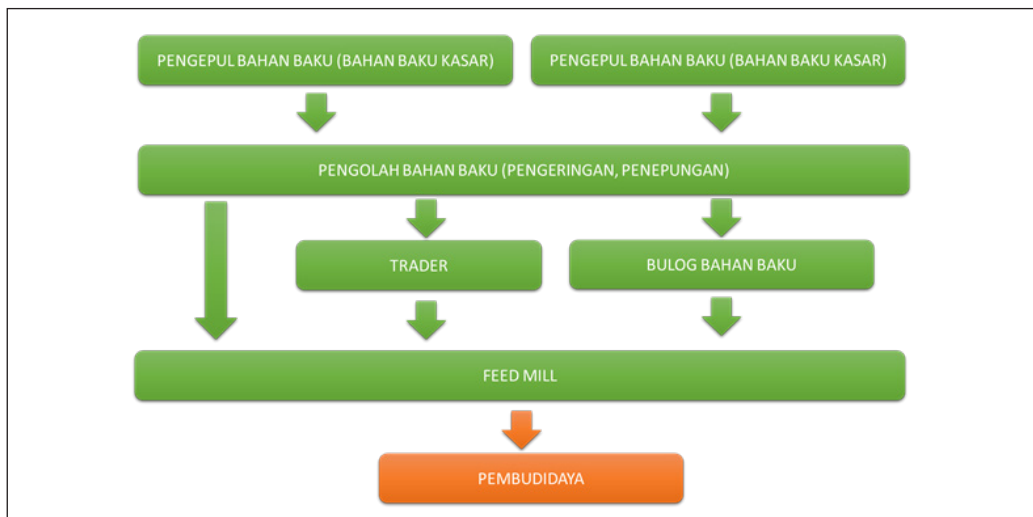
Permasalahan terbesar bahan-bahan sumber pakan adalah kandungan serat kasar yang tinggi sehingga perlu strategi khusus penggunaan bahan tersebut dalam pakan ikan. Beberapa strategi yang dapat digunakan dalam pengadaan dan pemanfaatan hasil samping pertanian dan perkebunan antara lain:

- Membentuk kelembagaan produsen bahan baku disentra produksi bahan baku tersebut misalnya pengepul, pengolah (penepung), penjual dan pergudangan.
- Regulasi terkait penetapan harga (*pricing*) agar tetap memberikan keuntungan bagi produsen namun juga feasible dalam usaha pabrik pakan mandiri\

4.3.2 Distribusi Dan Pemasaran Bahan Baku Pakan

Permasalahan lain terkait bahan baku pakan adalah terkait distribusi dan rantai pasok serta gap informasi pasar (ketersediaan, jenis, jumlah, harga, lokasi) di antara pabrik pakan mandiri. Secara umum rantai distribusi dan logistik bahan baku pakan dimulai dari pengepul bahan baku pakan. Beberapa bahan baku harus melalui jalur pengepul, terutama bahan baku yang harus diolah terlebih dahulu seperti jagung, biji karet, singkong, ikan rucah, kepala udang, dan lain sebagainya. Bahan baku yang tidak perlu diolah terlebih dahulu seperti dedak padi dapat langsung digunakan oleh pabrik pakan mandiri. Selanjutnya seluruh bahan baku diolah menjadi bahan baku yang siap digunakan oleh pabrik pakan mandiri. Idealnya setiap wilayah terutama sentra usaha budidaya yang tersedia pabrik pakan mandiri memiliki Bulog bahan baku yang menyediakan bahan baku pakan bagi pabrik pakan mandiri. Selanjutnya pabrik pakan mandiri memproses seluruh bahan baku yang diperoleh menjadi pakan dan siap digunakan oleh pembudidaya.

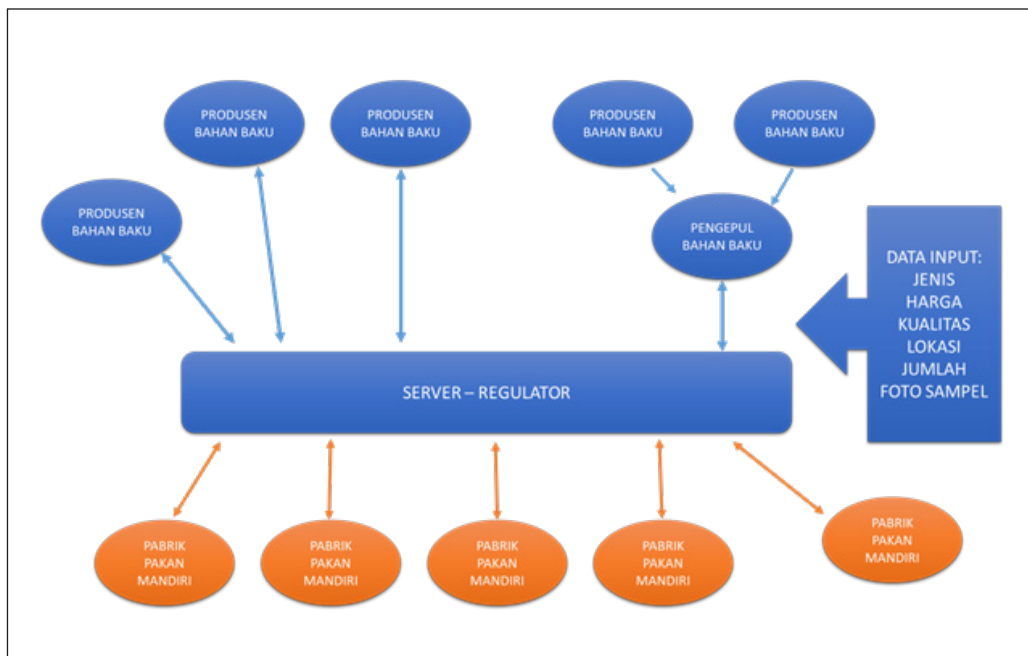
Gambar 9. Model distribusi bahan baku pakan ikan



4.3.3 Sistem Informasi Bahan Baku

Terkait penyelesaian masalah gap informasi dan pasar bahan baku pakan ikan dapat di atasi melalui *platform online* yang bisa diunduh dan digunakan oleh semua pihak yang berkepentingan terkait usaha pakan ikan. Saat ini hampir seluruh pembudidaya sudah familiar dengan beragam aplikasi menggunakan telepon selular. Sehingga diharapkan terdapat *platform* (berbasis android bisa diunduh melalui playstore) daring bahan baku pakan ikan. Konsep dasarnya adalah seperti *platform* toko daring di mana mempertemukan pemilik/ penjual bahan baku dengan pembeli bahan baku/ pabrik pakan mandiri. Aplikasi yang digunakan akan memuat jenis, jumlah, harga, kualitas, foto dan lokasi bahan baku pakan. Aplikasi ini dapat menampung seluruh produsen dan pembeli bahan baku di seluruh Indonesia. Server sekaligus regulator dapat membuat aturan main yang mampu mewedahi seluruh kepentingan dan mencegah tindak kecurangan baik dari penjual maupun pembeli. Jadi pembeli dapat mengetahui informasi bahan baku yang dibutuhkan pada lokasi yang relatif terdekat dengan lokasi usaha pabrik pakan mandiri. Model yang diajukan dapat dilihat pada gambar berikut.

Gambar 10. Model pemasaran bahan baku secara *online*



4.4 Pengembangan Prototype Pakan Semi Industri

Dalam pengembangan pakan mandiri perlu dilakukan inventarisasi alat-alat terstandar sesuai dengan kapasitas, jenis pakan (tenggelam, meleyang, terapung) dan komoditas yang akan dibuat pakannya.

Tabel 47. Analisis Usaha Pakan Ikan Tenggelam Per Bulan untuk Kawasan Budidaya Ikan Air Tawar

No	Uraian	Jumlah	Harga (Rp)	Biaya (Rp)
I	Investasi			
1	Timbangan			
	Kapasitas 100 kg (unit)	1	1,500,000	1,500,000
	Kapasitas 2 kg (unit)	1	800,000	800,000
2	Penepung kap 500 kg/jam (unit)	1	20,000,000	20,000,000
3	Pencampur kap 100 kg (unit)	1	25,000,000	25,000,000
4	Penjahit Karung (buah)	1	600,000	600,000
5	Mesin Pakan Apung (kap 250-300 kg per jam) (unit)	1	40,000,000	0,000,000
6	Cadangan (pencetak, saringan, oli, benang) (unit)	1	2,500,000	2,500,000
	Sub Total			90,400,000
II	Operasional per bulan			
1	Penyusutan Mesin dan Alat - Usia 4 tahun (unit)	1	1,883,333	1,883,333
2	Sewa Bangunan (bulan)	1	8,000,000	8,000,000
2	Tenaga Kerja (tim)	1	15,000,000	15,000,000
3	Bahan Baku untuk protein 30-32% (produksi 1,5 ton per hari)	37,500	6,000	223,200,000
4	Bahan Bakar Solar	3,750	6,000	22,500,000
5	Karung	744	2,000	1,488,000
6	Kantung plastik	744	500	372,000
	Sub Total			272,443,333
III	Penjualan Pakan (Rp)	37,200	8,000	297,600,000
IV	Pendapatan Kotor per bulan (Rp)			25,156,667
	Harga pakan komersial			
	Pakan komersial Apung Protein 30-32%		1.200 - 11.000	

4.5 Penyusunan Regulasi Pendukung,

Beberapa hal terkait regulasi yang dapat dilakukan KKP untuk mendukung program pakan mandiri dan mengurangi komponen impor dalam pakan ikan, yaitu :

1. Merekomendasikan pada DJPB dan khususnya direktorat pakan agar menerbitkan aturan bahwa Pakan Ikan harus mengandung minimal TKDN (Tingkat Komponen Dalam Negeri) 30 persen.
2. Memberikan rekomendasi pada industri pengolahan ikan khususnya udang, sarden ikan patin dan nila agar mengolah limbahnya menjadi tepung sebagai bahan baku pakan. Hal ini perlu dilakukan agar dana CSR dari perusahaan bermanfaat bagi suistabilitas perikanan budidaya yang pada akhirnya menguntungkan semua pihak.
3. Kerjasama dengan Industri terkait. Kendala utama dalam pembuatan pakan mandiri yang berkualitas adalah ketersediaan sumber protein secara kontinyu, sedangkan kelebihan sumber daya yang ada di pembudidaya adalah sumber karbohidrat seperti dedak padi dan kopra. Untuk menyasati hal tersebut perlu dirintis kerjasama dengan industri pakan untuk menyediakan konsentrat pakan ikan (KPI) dalam bentuk tepung sehingga pembudidaya dapat membeli bahan baku sumber karbohidrat sendiri yang tersedia di daerahnya dengan harga lebih murah. Komposisi konsentrat terdiri dari sumber protein, vitamin, dan lemak yang bisa di pakai 70 persen dalam formula pakan dan 30 persen menggunakan bahan baku lokal sehingga jika dicampurkan dan dibuat pelet menghasilkan pakan ikan dengan protein 36 persen. Konsentrat pakan ikan dari pabrik harus mengandung protein minimal 45 persen.

BAB V. PENUTUP

Pengembangan pakan mandiri berbasis bahan baku lokal dapat meningkatkan daya saing budidaya ikan yang dilakukan oleh masyarakat. Masyarakat pembudidaya dapat benar-benar menggunakan pakan lokal secara masif dan maksimal sehingga pakan mandiri dapat berkembang dengan baik di masyarakat. Daya saing yang dimaksud adalah produk pakan mandiri harus lebih kompetitif dalam harga yakni lebih murah dibandingkan pakan pabrikan dengan tidak mengurangi kualitasnya. Pakan yang dibuat mandiri harus memiliki nutrisi yang dibutuhkan oleh ikan. Asupan nutrisi yang sesuai dengan kebutuhan ikan berdampak pada produksi dan produktivitas hasil budidaya maksimal. Faktor penentu kualitas pakan antara lain adalah pencernaan, ketersediaan, keseimbangan, kompetisi dan ketengikan harus menjadi perhatian penting. Strategi pengembangan pakan mandiri berbasis kawasan memerlukan berbagai upaya yang harus dibangun, di antaranya data dan informasi terkait ketersediaan bahan baku pakan di lokasi, standarisasi kualitas bahan baku pakan, peningkatan kualitas bahan baku lokal, kontinuitas kelauakan bahan baku, yang meliputi jejaring logistik, distribusi, dan pemasaran bahan baku, sistem transportasi bahan baku serta penyusunan regulasi pendukung.

Lampiran

Tabel 5. Kebutuhan Beberapa Komponen Nutrien Untuk Komoditas Budidaya Ikan Air Payau

No.	Komoditas budidaya	Makro nutrien			Mikro nutrient lainnya (%)		Referensi
		Protein (%)	Lemak (%)	Energi (MJ/kg), rasio P/E (mg/kkal)			
1	Udang windu						
	- Induk	40-50			Linoleic acid 0,87%; Arachidonic acid 0,79%; Linoleic acid 0,5%; EPA1,4-1,8%; DHA 0,75-0,9%		Millamena et al. (1986);
	-Benih (pentokolan)	40-45	6 – 8	19 MJ/Kg, minimal 125-150 mg/kkal	Linoleic acid 0,05%; Linolenic acid 0,1%; EPA 0,01%; DHA 0,005%	Fosfolipid=1%; Kolesterol=0,1-0,5%	Wu (1986); Liao, I.C. & Liu, F.G. (1989), Akiyama at al. (1991);
	- Pembesaran	35-40	6 – 8	19 MJ/Kg; 28 mg/kJ;	Linoleic acid 0,05%; Linolenic acid 0,1%; EPA 0,01%; DHA 0,005%	Fosfolipid=1%; Kolesterol=0,1-0,5%	Lin et al. (1981); Wu (1986); Liao, I.C. & Liu, F.G. (1989); Akiyama at al. (1991);

2.	Udang vannamei						
	-Benih (pentokolan)	35-40	6 – 9	19 MJ/ Kg;	n-3 PUFA: 0,5% (EPA, 0,25%: DHA, 0,25%)	Fosfolipid: 1-2% Kolesterol:1,4%	Hu, et al. 2028; Wang et al. (2014a), Ayisi et al. 2017; Kureshy &Davis, (2002); Akiyama et al. (1991)
	- Pembesaran	30-35	6 – 9	19 MJ/ Kg; 21,1 mg/ kJ	n-3 PUFA: 0,5% (EPA, 0,25%: DHA, 0,25%)	Fosfolipid: 1-2% Kolesterol:1,4%	Hu, et al. 2028; Wang et al. (2014a), Ayisi et al. 2017; Kureshy &Davis, (2002); Akiyama et al. (1991)
3.	Ikan bandeng						
	- Induk	36-42	8		1% Lesitine		Lacanilao & Marte (1980); Poernomo et al (1985); Lim et al (2001)
	-Benih (pendederan)	40	7 – 10	118– 127mg / kkal	Linoleic acid 0,5%; Linolenic acid 0,5%.		Lim et al (1979); Lim et al (2001); Camacho & Bien (1983)
	- Pembesaran	23-28	7 – 10	4236 kkal/kg	Linoleic acid 0,5%; Linolenic acid 0,5%; atau PUFA 1%.		Liao & Chen (1986); Sumagaysay et al. (1991); Sumagaysay & Borlongan (1995); Camacho & Bien (1983); Usman et al. (2014)

4.	Ikan baronang						
	- Induk	39-46	17-18	Rasio energi / protein, 9 kkal/g	Lesitin 2,5%, linoleic 3%, linolenic 3%	Vitamin C 0,3% bentuk COA	Juario et al. (1985); Duray & Pascual (1994); Santosa <i>et al</i> (1998); Subandiyono <i>et al</i> (1999). Laining et al. (2021); Lante et al (2007);
	-Benih (pendederan)	35-40	10				Parazo (1991); Laining et al (2021)
	- Pembesaran	27-35	5 - 9	3832 kkal/kg			Parazo (1990); Usman et al. (2015); Usman et al. (2020)
6.	Kepiting bakau						
	- Induk	40-46	11,5-18%				Millamena & Bangcaya (2001); Djunaidah et al (2003); Usman et al. (2015).
	-Benih (pendederan)	47	6-14	17 MJ/kg; 27,5 mg/kJ	Triptophan 0,67%		Unnikrishnan & Paulraj (2010); Usman at al. (2016a,b)
	- Pembesaran	32-40	6-12	14,7 – 17,7 MJ/kg; 23,4 – 24,5 mg/kJ	Kolesterol, 0,51%		Catacutan (2002); Kamaruddin et al. (2017).

Tabel 39. Bahan Baku Komersial untuk Pakan Ikan

No	Jenis Bahan Baku	Air	Protein	Lemak	S. Kasar	Abu	BETN
I	Bahan baku utama						
A	Sumber protein-Asam Amino Esensial						
1	Tepung ikan lokal	5.97	61.42	4.83	2.16	10.80	20.79
		8.54	57.62	8.45	1.53	15.06	17.34
		10.02	53.82	4.09	27.70	2.87	11.52
2	Tepung Bungkil kedele Impor (SBM)	9.17	45.33	1.15	2.27	7.29	43.96
B	Sumber Lemak - Asam lemak Esensial						
1	Minyak ikan	-		100.00			
2	Minyak Jagung	-		100.00			
3	Minyak CPO	-		100.00			
C	Sumber vitamin dan mineral						
1	Vitamin premiks komersial	3.00					100.00
2	Mineral premiks komersial	3.00				100.00	
II	Bahan baku penunjang						
A	Sumber energi						
	Protein hewani						
1	Tepung ikan lokal	6.24	44.20	6.97	42.26	2.70	3.87
		5.01	40.26	5.71	29.62	5.96	18.45
2	Ikan Asin BS	9.70	59.12	4.76	19.89	8.98	7.25
		11.20	47.62	5.78	38.76	5.34	2.50
4	Kepala Teri	23.51	47.2	4.94	28.91	11.73	7.22
5	Tepung daging Tulang (MBM)	6.92	56.08	10.3	1.19	7.29	25.14
6	Tepung udang rebon	11.9	60.89	1.91	1.43	29.42	6.35
7	Tepung Udang impor	8.65	33.79	5.27	1.00	8.77	51.17
8	Tepung kepala udang 1	5.80	45.78	5.34	33.34	5.03	10.51
9	Tepung kepala udang 2	8.30	31.34	5.87	14.32	4.32	44.15
10	Tepung kepala udang 3	7.62	40.69	1.73	28.81	8.39	20.38
11	Tepung ebi	5.68	42.84	1.75	29.09	13.45	12.87
12	Maggot	4.50	37.68	40.96	7.09	7.28	6.99
	Protein nabati						

1	Bungkil kelapa Sawit	5.15	16.19	7.96	16.98	3.58	55.29
2	Bungkil kelapa Kopra	8.89	24.06	1.72	9.03	6.63	58.56
3	Dedak	10.37	12.31	8.33	13.61	6.88	58.87
4	Polar impor	14.35	15.43	4.12	13.96	6.75	59.74
5	Tepung jagung	10.5	11.84	1.53	3.37	1.12	82.14
6	CGM impor	8.33	71.10	0.51	1.80	1.60	24.98
7	DDGS impor	10.43	22.27	6.74	4.27	3.37	63.35
8	Jagung pecah	9.59	9.04	1.77	2.08	2.37	84.75
9	Tepung terigu	11.15	14.24	0.37	0.89	2.51	82.00
C	Binder - Perekat						
1	Tepung tapioka	9.79	2.89	0.36	0.11	1.95	94.69
2	Onggok	9.79	0.10	0.36	0.11	1.95	97.48
3	Tepung Terigu	11.15	14.24	0.37	0.89	2.51	82.00
D	Suplemen						
1	Choline chloride	3.00				100.00	
2	Di-calsium phosphate	3.00				100.00	
3	Stay-C	3.00					100.00
4	α -tocopherol acetate	3.00					100.00
5	NaCl	3.00				100.00	
6	Klorella	3.00	60.00	2.00	1.00	2.00	35.00
7	Ragi roti	6.00	49.76	4.55	2.87	7.21	35.61

Tabel 44. Jenis bahan baku (utama dan pendukung) dan formulasi pakan, serta kebutuhan asam amino dan asam lemak beberapa komoditas air payau


No	Bahan Baku	Formulasi (%)				Formulasi (%)				Formulasi (%)				
		Ikan baronang <i>Siganus guttatus</i>		Ikan bandeng <i>Chanos chanos</i>		Udang Vannamei		Udang Windu <i>Penaeus monodon</i>		Pematangan gonad induk		Larva - benih		Pen-dederan / pentokolan
A	Bahan utama	Pematangan gonad induk	Larva - benih	Pen-dederan	Pem-besaran	Pematangan gonad induk	Larva - benih	Pen-dederan	Pem-besaran	Pematangan gonad induk	Larva - benih	Pen-dederan / pentokolan	Pem-besaran	
	Cumi segar									50				
	Cacing laut segar									30				
	Hati sapi atau daging kerang segar									20				
1.	Tepung ikan	10	Pakan alami (nanno-chloropsis, rotifera, dan copepoda)	5	22	Pakan alami (nanno-chloropsis dan rotifera)	20	30	28	40	45	33		
2.	Tepung hati cumi	40					20							
3.	Tepung bungkil / kedelai	20		42	20		43	20	20		20	20	20	
4.	Gluten	9		6										

5.	Tepung <i>Ulva</i> sp		30																
6.	Tepung bungkil kopra hasil fermentasi		10			35													
7.	Minyak ikan	2	1	2		3							3	5	3	17,7			4
8.	Tepung jagung		36											33,7					28,7
9.	Tepung terigu / mi apikiran	1,035				14													
	<i>Lectin kedelai</i>																1		1
B	Bahan pendukung																		
1.	Dedak halus		8	25,5		11,5	15												
2.	Tepung <i>Gracilaria</i> sp	5	6,4				5						5	5	5				5
	Tepung Kepala Udang					16							5	5	5				5
	Ampas tahu						15												
3.	Minyak kelapa sawit	9	9																
4.	Vitamin premix	2	1	2	1,5	1	0,5	1,5	1,5				1,5	1,5	1,5				1,5
5.	Mineral premix	1	0,5	1		3,5	0,5	0,5	0,5				0,5	0,5	0,5				0,5
6.	Vitamin C (stay C)	0,1	0,1										0,1	0,1	0,1				0,1
	Di/mono-calcium fosfat				4								0,5	0,5					
7.	Vitamin E	0,04																	
8.	Lestine kedelai	0,2							1	1									
9.	Astaxanthine (carophyll pink)	0,125																	
10.	Tepung <i>Spirulina</i> sp (Green SP)	0,5																	
	Choline choride																0,5		0,5
	Betaine																0,2		0,2
C	Asam amino																		
1.	Arginine						5,2						5,29						5,3
2.	Histidine						2,0												2,2

Daftar Pustaka

- [BSN] Badan Standarisasi Nasional. (2013). Dedak Padi - Bahan Pakan Ternak. SNI 3178:2013. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional. 10 hlm
- Akbar, S. (2000). Meramu pakan Ikan Kerapu; bebek, lumpur, macan, malabar. Jakarta. Penebar Swadaya. VIII. 56 halaman.
- Akiyama, D.M., Dominy, W.G. & Lawrence, A.L. (1991). Penaeid shrimp nutrition for the commercial feed industry: revised. In D.M. Akiyama & R.K.H. Tan, eds. *Proceedings of the Aquaculture Feed Processing and Nutrition Workshop, Thailand and Indonesia September 19–25, 1991* pp. 80–98. Singapore, American Soybean Association.
- Alava, V. R. (2002). Management of feeding aquaculture species. In: Millamena, O.M., Coloso, M.R., Pascual, F.P (eds.). *Nutrition in Tropical Aquaculture: Essentials of fish nutrition, feeds, and feeding of tropical aquatic species*. Aquaculture Department, Southeast Asian Fisheries Development Center, Iloilo, Philippines, p. 169-208.
- Ayisi, C.L., Hua, X., Apraku, A., Afriyie, G., Kyei, B.A. (2017). Review paper Recent Studies Toward the Development of Practical Diets for Shrimp and Their Nutritional Requirements. *HAYATI Journal of Bioscience*, 24, 109-117.
- Bages M. & Sloane, L. (1981). Effect of dietary protein and starch levels on growth and survival of *Penaeus monodon* (Fabricius) postlarvae. *Aquaculture*, 25 : 117-12.
- Camacho, A.S. & Bien, N. (1983). Studies on the nutrient requirement of milkfish *Chanos chanos* (Forsskal). Paper presented at the Technical Symposium on Aquaculture, University of the Philippines in the Visayas, Iloilo, the Philippines, 19 February 1983.
- Catacutan, M.R. (2002). Growth and body composition of juvenile mud crab, *Scylla serrata*, feed different dietary protein and lipid levels and protein to energy ratio. *Aquaculture*, 208, 113-123.
- Chen, H.Y. and J.C. Tsai. (1994). Optimal dietary protein level for the growth of juvenile grouper *Epinephelus malabaricus*, fed semi purified diets. *Aquaculture*, 119:265-271.
- Chen, X., L. Lin and H. Hong. (1995). Optimum content of protein in artificial diet for *Epinephelus akaara*. *J. Oceanogr*, 14: 407-412.

- Cummins Jr, C.V, Rawles, S.D, Thompson, K.R., Velasquez, A., Kobayashi, Y, Hager, J., & Webste, C.D. (2017). Evaluation of black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae meal as partial or total replacement of marine fish meal in practical diets for Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*). *Aquaculture*, 473, 337-344.
- Djunaidah, I.S., Wille, M., Kontara, E.K., & Sorgeloos, P. (2003). Reproductive performance and offspring quality in mud crab (*Scylla paramamosain*) broodstock fed different diets. *Aquaculture International* 11, 3-15.
- Duray, M.N., Kohno, H., & Pascual, F.P. (1994). The effect of lipid-enriched broodstock diets on spawning and on egg and larval quality of hatchery-bred rabbitfish (*Siganus guttatus*). *The Philippine Scientist* 31: 42-57.
- El-Dakour, S. and K.A. George. (1982). Growth of *Epinephelus tauvina* fed on different protein-energy ratios. *Kuwait Inst. Sci. Res., Ann. Res. Rep.*, pp 75-77.
- Ellis, S., G. Viala and W.O. Watanabe. 1996. Growth and feed utilization of hatchery-reared juveniles nassau grouper fed four practical diets. *Prog. Fish. Cult.* 58, 167-172.
- Gangdhara, B., M.C. Nandendesha, T.J. Varghese, and P. Keshavanath. (1997). Effect of varying and lipid levels on growth of rohu, *Labeo rohita*. *Asia Fish. Sci.*, 10 (2): 139-147.
- Giri, N.A., K. Suwirya, dan M. Marzuqi. (2006a). Dietary methionine requirement for growth of juvenile humpback (*Cromileptes altivelis*). *Indonesian Aquaculture Journal*, 1 (2): 79-86.
- Giri, N.A., K. Suwirya, dan M. Marzuqi. (1999). Kebutuhan protein, lemak dan vitamin C pada yuwana kerapu bebek, *Cromileptes altivelis*. *Jurnal Penelitian Perikanan Indonesia*, 5(3): 38—46.
- Giri, N.A., K. Suwirya, dan M. Marzuqi. (1999). Kebutuhan thiamin untuk pertumbuhan benih ikan kerapu bebek (*Cromileptes altivelis*). *Aquacultura Indonesiana*, 6 (3): 123-130. J
- Giri, N.A., K. Suwirya, dan M. Marzuqi. (2006b). Kebutuhan asam amino lisin untuk benih ikan kerapu bebek, (*Cromileptes altivelis*). *Jurnal Riset Akuakultur*, 1(2): 143-150.



Giri, N.A., K. Suwirya, M. Marzuqi dan A.S. Lestari. (2001). Pengaruh kadar vitamin B-6 (pyridoxine) dalam pakan terhadap pertumbuhan, kadar hemoglobin dan hemotokrit darah juvenil ikan kerapu bebek (*Cromileptes altivelis*). *Aquaculture Indonesia*, 2 (3): 141-145.

Giri, N.A., K. Suwirya, M. Marzuqi, dan S.L. Sagala. (2006c). Kebutuhan asam amino arginin untuk pertumbuhan benih ikan kerapu bebek, (*Cromileptes altivelis*). *Aquacultura Indonesiana*, 7 (2): 93-100.

Giri, N.A., K. Suwirya, M. Marzuqi. (2003). Dietary lipid requirement for growth of juvenile tiger grouper (*Epinephelus fuscoguttatus*). *Aquaculture Indonesia*, 4: 59-62.

Higgs, D.A. and Dong, F. M. (2000). Lipids and fatty acids. In: *Encyclopedia of Aquaculture* (ed. R.R. Stickney), John Wiley and Sons, Inc., New York, 476 – 496.

Hu, Y., Tan, B., Mai, K., Ai, Q, Zheng, S., & Cheng, K. (2008). Growth and body composition of juvenile white shrimp, *Litopenaeus vannamei*, fed different ratios of dietary protein to energy. *Aquaculture Nutrition*, 14, 499-506.

Ibeas, C., Rodriguez, C., Badia, P., Cejas, J.R., Santamaria, F.J., Lorenzo, A. (2000). Efficacy of dietary methyl esters of n-3 HUFA vs. triacylglycerols of n-3 HUFA by gilthead seabream (*Sparus aurata* L.) juveniles. *Aquaculture*, 190, 273 – 287.

Izquierdo, M., 2005. Essential fatty acid requirements in Mediterranean fish species. *Cahiers Options Mediterraneennes*, 63, 91 – 102.

Juario J.V, Duray, M.N, Duray, V.M, Nacario, J.F, & Almendras, J.M.E. (1985). Breeding and larval rearing of the rabbitfish *Siganus guttatus* (Bloch). *Aquaculture*, 44: 91-101.

Kamaruddin, Usman, Laining, A. (2017). Penggunaan tepung daun murbei (*Morus alba* L) dalam pakan pembesaran kepiting bakau, *Scylla olivacea*. *Jurnal Riset Akuakultur*, 12 (4), 2017, 351-359.

ISBN 978-623-7651-93-2



ISBN 978-623-7651-94-9 (PDF)



Badan Riset dan Sumber Daya Manusia
Kementerian Kelautan dan Perikanan