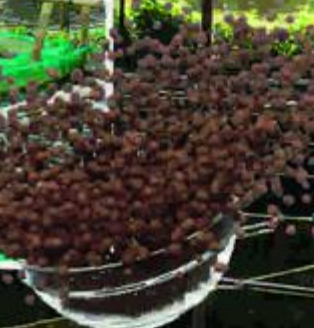


Dwi Tika Afriani, S.Si., M.Pd.
Dr. Aried Sumekar, S.E., M.Ak., Ak., CA., QRMO., QIA.



INOVASI PAKAN IKAN BERKELANJUTAN

Akuakultur dalam Perspektif Biologi dan Ekonomi

INOVASI PAKAN IKAN BERKELANJUTAN



Akuakultur dalam Perspektif Biologi dan Ekonomi

Dwi Tika Afriani, S.Si., M.Pd.
Dr. Aried Sumekar, S.E., M.Ak., Ak., CA., QRMO., QIA.



**INOVASI PAKAN IKAN BERKELANJUTAN:
Akuakultur dalam Perspektif Biologi dan Ekonomi**

Ditulis oleh:

**Dwi Tika Afriani, S.Si., M.Pd.
Dr. Aried Sumekar, S.E., M.Ak., Ak., CA., QRMO., QIA.**

Diterbitkan, dicetak, dan didistribusikan oleh
PT. Literasi Nusantara Abadi Grup
Perumahan Puncak Joyo Agung Residence Kav. B11 Merjosari
Kecamatan Lowokwaru Kota Malang 65144
Telp : +6285887254603, +6285841411519
Email: literasinusantaraofficial@gmail.com
Web: www.penerbitlitnus.co.id
Anggota IKAPI No. 340/JTI/2022



Hak Cipta dilindungi oleh undang-undang. Dilarang mengutip
atau memperbanyak baik sebagian ataupun keseluruhan isi buku
dengan cara apa pun tanpa izin tertulis dari penerbit.

Cetakan I, Oktober 2025

Perancang sampul: Rosyiful Aqli
Penata letak: Muhammad Ridho Naufal

ISBN : 978-634-234-650-1

viii + 176 hlm. ; 15,5x23 cm.

©September 2025



Prakata

Puji syukur kami panjatkan ke hadirat Allah SWT, atas limpahan rahmat, taufik, dan hidayah-Nya sehingga buku referensi dengan judul *“Inovasi Pakan Ikan Berkelanjutan: Akuakultur dalam Perspektif Biologi dan Ekonomi”* dapat terselesaikan dan dihadirkan kepada pembaca..

Buku ini disusun sebagai jawaban atas tantangan besar dalam industri akuakultur, khususnya terkait ketersediaan pakan yang berkelanjutan. Biaya pakan yang mendominasi struktur biaya produksi, fluktuasi harga bahan baku, serta isu keberlanjutan lingkungan mendorong perlunya inovasi dalam formulasi pakan ikan. Oleh karena itu, kami menghadirkan buku ini dengan pendekatan integratif antara bidang biologi-akuakultur dan ilmu ekonomi, untuk memberikan gambaran menyeluruh mengenai potensi inovasi pakan berbasis sumber protein alternatif, seperti maggot (*Hermetia illucens*), dari sisi nutrisi ikan maupun efisiensi biaya produksi.

Isi buku ini memuat kajian teoritis dan hasil penelitian terkait dasar-dasar nutrisi ikan, peran dan keterbatasan tepung ikan, prospek maggot sebagai sumber protein alternatif, serta analisis ekonomi dan keberlanjutan industri akuakultur. Pendekatan lintas disiplin ini diharapkan dapat memperkaya khasanah keilmuan sekaligus memberikan kontribusi nyata bagi mahasiswa, dosen, peneliti, praktisi akuakultur, pelaku usaha perikanan, dan para pengambil kebijakan dalam merumuskan strategi pengembangan akuakultur yang berdaya saing, ramah lingkungan, dan berkelanjutan.

Dalam proses penyusunan buku ini, kami berupaya menghadirkan materi yang komprehensif, meski selalu ada ruang untuk perbaikan dan pengembangan lebih lanjut. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat kami harapkan demi perbaikan pada edisi-edisi selanjutnya. Semoga kehadiran buku ini dapat memberikan manfaat luas serta menjadi referensi penting dalam pengembangan ilmu pengetahuan dan praktik akuakultur di Indonesia.

Medan, 2025

Penulis



Daftar Isi

Prakata	iii
Daftar Isi	vii

BAB 1

Dasar-Dasar Nutrisi Ikan—1

1.1 Peran Nutrien Makro dan Mikro dalam Pertumbuhan Ikan	1
1.2 Kebutuhan Nutrisi Tilapia dan Spesies Akuakultur Umum	3
1.3 Prinsip Formulasi Pakan: Isonitrogenous dan Isocaloric	6
1.4 Peran Protein Hewani vs. Nabati dalam Formulasi Pakan	8

BAB 2

Tepung Ikan dan Tantangannya dalam Industri—13

2.1 Sumber dan Proses Produksi Tepung Ikan	13
2.2 Nilai Nutrisi dan Keunggulan Tepung Ikan	18
2.3 Keterbatasan: Penangkapan Berlebihan, Impor, dan Harga	21
2.4 Dampak Lingkungan dan Ketergantungan Global	26

BAB 3

Maggot (*Hermetia illucens*) sebagai Sumber Protein Alternatif—31

3.1 Biologi dan Siklus Hidup BSF (<i>Black Soldier Fly</i>).....	31
3.2 Proses Budidaya Maggot Berbasis Limbah Organik	35
3.3 Kandungan Nutrisi Maggot dan Perbandingannya dengan Tepung Ikan	39
3.4 Keunggulan Maggot: Ekonomi, Ekologi, dan Produksi Lokal.....	43

BAB 4

Teknologi Produksi Tepung Maggot—51

4.1 Prosedur Pengolahan: Pemanenan, Pengeringan, Penggilingan ..	51
4.2 Standar Mutu Tepung Maggot.....	57
4.3 Tantangan Produksi Skala UMKM vs. Industri	62

BAB 5

Formulasi Pakan Berbasis Maggot—69

5.1 Komposisi Pakan Ikan Nila Berbasis Maggot.....	69
5.2 Tingkat Substitusi Tepung Ikan dan Dampaknya.....	72
5.3 Stabilitas, Palatabilitas, dan Tekstur Pakan	75
5.4 Standar Kualitas Pakan Berdasarkan SNI	78

BAB 6

Kinerja Pertumbuhan dan Efisiensi Pakan—83

6.1 Pengaruh Tepung Maggot terhadap SGR, FCR, dan EPP	83
6.2 Kelangsungan Hidup dan Kesehatan Ikan.....	86
6.3 Analisis Statistik dan Evaluasi Kinerja Biologis.....	88
6.4 Perbandingan Hasil Berbagai Studi Terkini.....	90

BAB 7

ANALISIS EKONOMI PRODUKSI PAKAN MAGGOT—95

7.1 Struktur Biaya Produksi Pakan Maggot.....	95
7.2 Analisis Cost-benefit dan Break-even point.....	99
7.3 Simulasi ROI dan Proyeksi Keuntungan.....	102
7.4 Sensitivitas Harga dan Risiko Investasi	105
7.5 Analisis Kelayakan Investasi dan Proyeksi <i>Cash Flow</i>	109

BAB 8

IMPLEMENTASI DI LAPANGAN DAN PEMBERDAYAAN MASYARAKAT—115

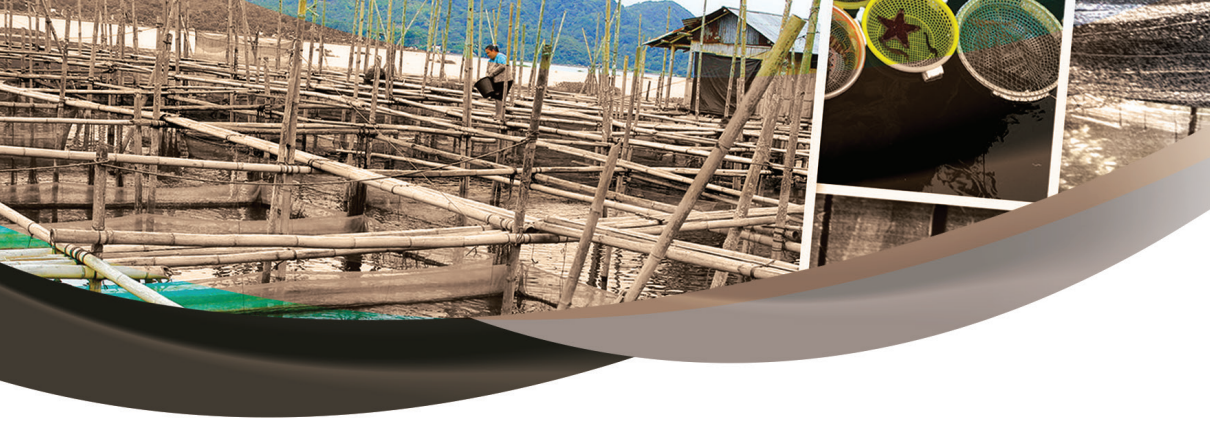
8.1 Model Usaha Ternak Maggot dan Produksi Pakan	115
8.2 Integrasi Budidaya Maggot dan Ikan.....	121
8.3 Pelatihan, Kemitraan, dan Skema Dukungan.....	126

BAB 9

PROSPEK, REGULASI, DAN ARAH KEBIJAKAN—135

9.1 Regulasi Pakan Alternatif di Indonesia.....	135
9.2 Dukungan Pemerintah dan Riset Lanjutan	140
9.3 Arah Industri Pakan Berkelanjutan di Masa Depan.....	144
9.4 Peran Perguruan Tinggi dan Inkubasi Inovasi.....	151
9.5 Sinergi Kebijakan Lintas Sektor dan Implementasi.....	160

Daftar Pustaka.....	165
Tentang Penulis.....	175



Bab 1

Dasar-Dasar Nutrisi Ikan

1.1 Peran Nutrien Makro dan Mikro dalam Pertumbuhan Ikan

Nutrisi merupakan komponen esensial dalam mendukung pertumbuhan, perkembangan, dan kesehatan ikan budidaya yang optimal. Secara fundamental, nutrien dalam pakan ikan diklasifikasikan menjadi dua kelompok utama berdasarkan kebutuhan kuantitatifnya: nutrien makro dan nutrien mikro. Nutrien makro meliputi protein, lipid, dan karbohidrat yang diperlukan dalam jumlah besar untuk memenuhi kebutuhan energi dan pembentukan struktur jaringan tubuh, sedangkan nutrien mikro mencakup vitamin dan mineral yang dibutuhkan dalam jumlah kecil namun memiliki peran vital dalam regulasi proses fisiologis.

Protein berperan sebagai komponen struktural utama dalam pembentukan otot, enzim, hormon, dan sistem imun pada ikan. Kebutuhan protein ikan umumnya lebih tinggi dibandingkan hewan terrestrial, berkisar antara 25-50% dari total pakan tergantung spesies dan fase pertumbuhan. Ikan menggunakan protein tidak hanya untuk pertumbuhan jaringan, tetapi juga sebagai sumber energi sekunder ketika asupan energi dari lipid dan karbohidrat tidak mencukupi (Furuya et al., 2020). Asam amino esensial seperti lisin, metionin, arginin, dan triptofan memiliki peran kritis dalam sintesis protein dan pertumbuhan jaringan. Defisiensi asam amino esensial

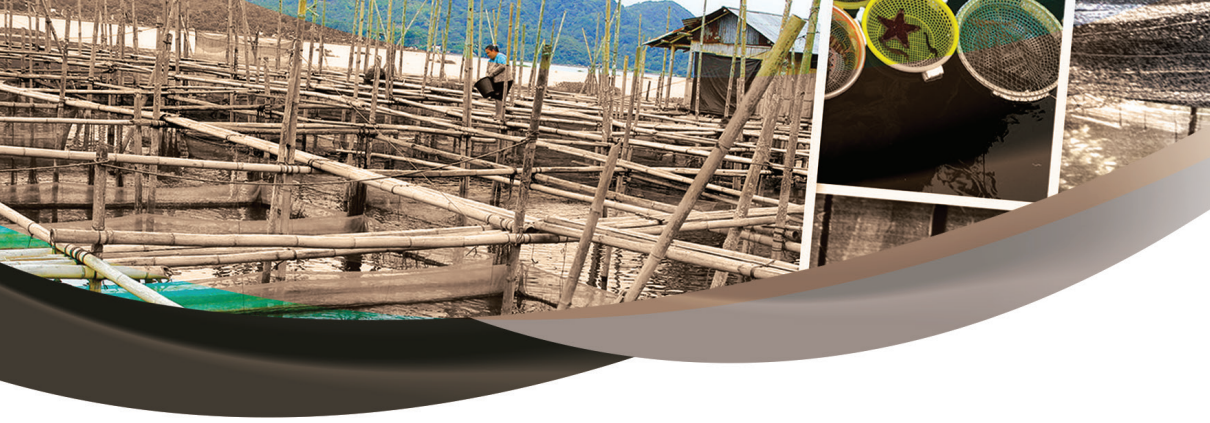
dapat menyebabkan penurunan drastis laju pertumbuhan, efisiensi pakan yang rendah, dan peningkatan kerentanan terhadap penyakit.

Lipid berfungsi sebagai sumber energi terkonsentrasi dengan nilai kalori 9 kkal/g, dua kali lebih tinggi dibandingkan protein dan karbohidrat. Selain sebagai sumber energi, lipid berperan sebagai komponen struktural membran sel, precursor hormon steroid, dan medium absorpsi vitamin larut lemak (A, D, E, K). Asam lemak esensial seperti EPA (*eicosapentaenoic acid*) dan DHA (*docosahexaenoic acid*) berperan penting dalam perkembangan sistem saraf, fungsi reproduksi, respons imun, dan kualitas daging ikan (Tocher, 2015). Kandungan lipid optimal dalam pakan ikan berkisar 5-15% tergantung spesies, dengan komposisi asam lemak yang seimbang antara omega-3 dan omega-6.

Karbohidrat, meskipun bukan nutrisi esensial untuk sebagian besar spesies ikan, dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi alternatif yang ekonomis. Kemampuan ikan dalam mencerna dan metabolisme karbohidrat bervariasi signifikan antar spesies, dengan ikan omnivora memiliki kapasitas pencernaan yang lebih baik dibandingkan karnivora (Wilson, 2003). Tilapia sebagai omnivora dapat memanfaatkan karbohidrat hingga 30-35%, sedangkan lele sebagai karnivora terbatas pada 15-20%.

Nutrien mikro meliputi vitamin dan mineral yang diperlukan dalam jumlah kecil namun memiliki peran vital dalam metabolisme, pertumbuhan, imunitas, dan reproduksi. Vitamin C berperan dalam sintesis kolagen, fungsi sistem imun, dan respons stres, dengan defisiensi menyebabkan deformitas tulang dan rendahnya daya tahan tubuh (Hassan et al., 2025). Vitamin E berfungsi sebagai antioksidan alami yang melindungi membran sel dari kerusakan oksidatif, sedangkan vitamin B kompleks berperan dalam metabolisme energi dan sintesis asam amino. Mineral seperti kalsium dan fosfor penting untuk pembentukan tulang dan sisik dengan rasio optimal 1:1 hingga 2:1, sedangkan zinc dan selenium berperan dalam fungsi enzim, reproduksi, dan sistem imun.

Interaksi antar-nutrien memiliki dampak signifikan terhadap efisiensi pemanfaatan pakan dan performa ikan. Rasio protein-energi yang optimal memastikan protein digunakan untuk pertumbuhan jaringan, bukan



Bab 2

Tepung Ikan dan Tantangannya dalam Industri

2.1 Sumber dan Proses Produksi Tepung Ikan

Tepung ikan merupakan salah satu bahan baku utama dalam formulasi pakan akuakultur karena kandungan nutrisinya yang tinggi, terutama protein dan asam amino esensial. Produk ini dihasilkan melalui proses pengolahan ikan utuh atau limbah pengolahan ikan dengan menggunakan teknologi industri yang kompleks dan terstandar. Keberhasilan pemanfaatan tepung ikan sangat ditentukan oleh kualitas bahan baku dan proses pengolahannya. Oleh karena itu, pemahaman yang menyeluruh mengenai sumber bahan baku dan teknologi produksinya menjadi hal yang mendasar dalam mengevaluasi mutu tepung ikan dan menentukan peluang substitusi dengan bahan alternatif yang lebih berkelanjutan.

Tabel 2.1 Sumber Bahan Baku Tepung Ikan dan Persentase Kontribusi

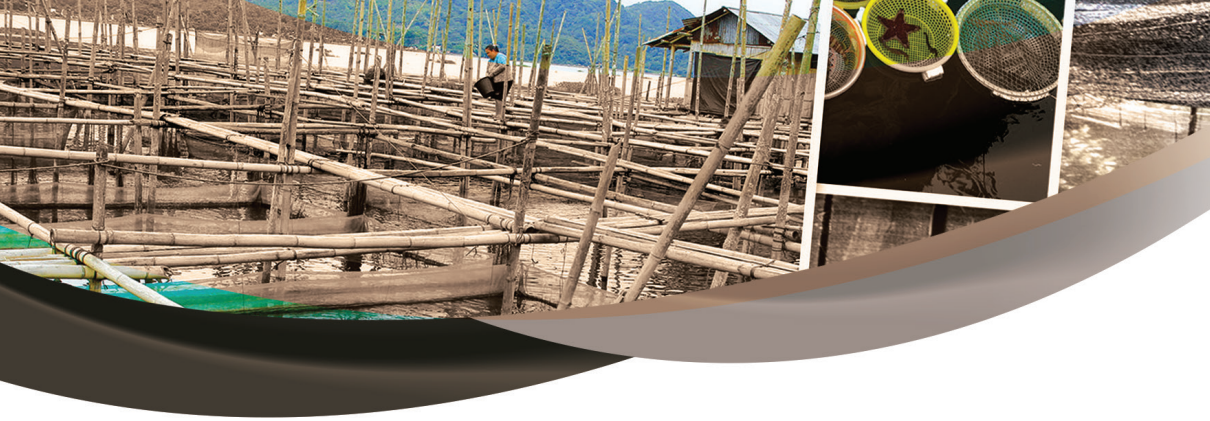
Jenis Bahan Baku	Contoh Sumber	Kontribusi (%)
Ikan utuh (ditangkap khusus)	Ikan teri, sarden, menhaden	60–70%
Limbah pengolahan ikan konsumsi	Kepala, tulang, kulit dari salmon (Norwegia), tuna (Thailand)	25–30%
Ikan tidak layak konsumsi manusia	Ikan rusak, kualitas rendah	5–10%

Sumber: Rustad et al., 2011; Tacon & Metian, 2015

Secara umum, sumber bahan baku untuk produksi tepung ikan dapat dikelompokkan ke dalam tiga kategori utama: ikan utuh hasil tangkapan khusus, limbah pengolahan ikan untuk konsumsi manusia, dan ikan yang tidak layak dikonsumsi. Ikan pelagis kecil seperti teri (*Engraulis ringens*), sarden (*Sardina pilchardus*), tenggiri (*Scomber scombrus*), dan menhaden (*Brevoortia tyrannus*) sering digunakan karena kandungan proteinnya tinggi dan tersedia dalam jumlah besar (Tacon & Metian, 2015). Negara produsen utama seperti Peru dan Chile memanfaatkan ikan teri dari Samudra Pasifik sebagai bahan baku utama, sementara negara-negara Eropa Utara mengandalkan capelin dan blue whiting.

Di sisi lain, limbah pengolahan ikan menyumbang sekitar 25–30% dari total bahan baku tepung ikan secara global. Limbah ini meliputi bagian kepala, tulang, sirip, kulit, dan organ dalam dari industri pengolahan ikan fillet. Pemanfaatan limbah sebagai bahan baku tidak hanya memberikan nilai tambah ekonomi, tetapi juga mengurangi beban lingkungan akibat pembuangan limbah organik. Contohnya, limbah salmon dari Norwegia dan Chile, limbah tuna dari Thailand dan Ekuador, serta limbah cod dari Islandia merupakan contoh nyata bagaimana limbah industri diolah menjadi tepung ikan berkualitas tinggi.

Proses produksi tepung ikan modern melibatkan serangkaian tahapan pengolahan termal yang terintegrasi, dimulai dari penerimaan dan persiapan bahan baku, kemudian pemasakan (*cooking*), pengepresan (*pressing*), pengeringan, hingga tahap akhir penggilingan dan pengayakan. Pada tahap



Bab 3

Maggot (*Hermetia illucens*) sebagai Sumber Protein Alternatif

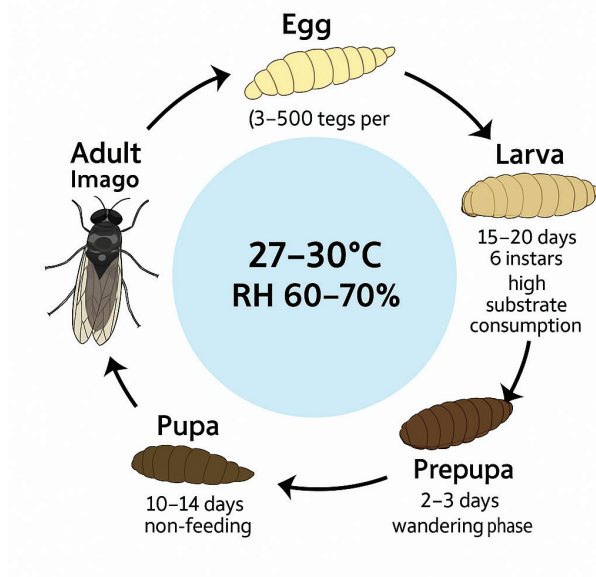
3.1 Biologi dan Siklus Hidup BSF (*Black Soldier Fly*)

Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) atau lalat tentara hitam merupakan spesies lalat dari famili Stratiomyidae yang telah menarik perhatian global sebagai solusi berkelanjutan untuk konversi limbah organik menjadi protein berkualitas tinggi. Spesies ini memiliki karakteristik biologi yang unik dan siklus hidup yang relatif singkat, menjadikannya kandidat ideal untuk produksi protein alternatif dalam skala komersial. Pemahaman mendalam tentang biologi dan siklus hidup BSF menjadi fundamental dalam mengoptimalkan sistem produksi maggot untuk industri pakan akuakultur.

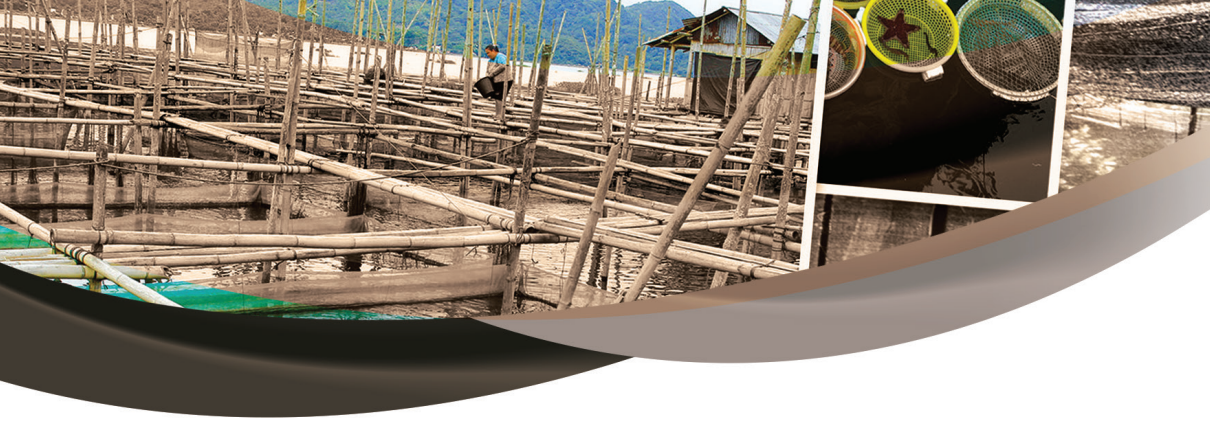
Taksonomi BSF menunjukkan klasifikasi Kingdom Animalia, Phylum Arthropoda, Class Insecta, Order Diptera, Family Stratiomyidae, dan Species *Hermetia illucens* (Linnaeus, 1758). Distribusi geografis BSF sangat luas, meliputi wilayah tropis dan subtropis di Amerika, Afrika, Asia, dan Australia. Di Indonesia, BSF ditemukan secara alami di berbagai wilayah dengan iklim tropis yang mendukung perkembangbiakan sepanjang tahun. Kemampuan adaptasi yang tinggi terhadap berbagai kondisi lingkungan menjadikan BSF mudah dibudidayakan di berbagai lokasi geografis (Tomberlin et al., 2009).

Morfologi BSF dewasa menunjukkan karakteristik yang khas dengan panjang tubuh 15-20 mm, lebar sayap 25-30 mm, dan warna tubuh hitam metalik dengan corak keperakan. Lalat dewasa memiliki antena berbentuk klub dengan segmen terminal yang melebar, mata majemuk yang besar, dan sayap transparan dengan venasi yang jelas. Dimorfisme seksual (perbedaan jantan dan betina) dapat diamati dari perbedaan ukuran tubuh, dengan betina umumnya lebih besar dibandingkan jantan, dan perbedaan struktur alat kelamin yang dapat digunakan untuk identifikasi jenis kelamin (Sheppard et al., 2002).

Siklus hidup BSF merupakan metamorfosis lengkap (*holometabolous*) yang terdiri dari empat tahap: telur, larva, pupa, dan imago (dewasa). Durasi siklus hidup total berkisar 38-45 hari pada suhu optimal 27-30°C dengan kelembaban relatif 60-70%. Variabilitas durasi siklus hidup dipengaruhi oleh faktor lingkungan seperti suhu, kelembaban, kualitas substrat, dan kepadatan populasi. Pemahaman parameter lingkungan optimal menjadi kunci dalam merancang sistem produksi yang efisien dan konsisten.



Gambar 3. 1. Diagram Siklus Hidup BSF (Black Soldier Fly)



Bab 4

Teknologi Produksi Tepung Maggot

4.1 Prosedur Pengolahan: Pemanenan, Pengeringan, Penggilingan

Teknologi produksi tepung maggot merupakan rangkaian proses yang terintegrasi dari pemanenan larva BSF hingga menghasilkan produk akhir berupa tepung maggot berkualitas tinggi. Setiap tahap dalam prosedur pengolahan memiliki peran kritis dalam menentukan kualitas nutrisi, keamanan mikrobiologis, dan karakteristik fisik produk akhir. Optimalisasi parameter teknologi pada setiap tahap pengolahan menjadi kunci untuk menghasilkan tepung maggot yang memenuhi standar industri pakan akuakultur dan memiliki daya saing yang kompetitif dengan tepung ikan (Makkar et al., 2014; Van Huis et al., 2013)

Tahap pemanenan merupakan titik awal yang menentukan kualitas bahan baku untuk produksi tepung maggot. Waktu pemanenan yang tepat sangat krusial karena mempengaruhi komposisi nutrisi dan karakteristik fisiko-kimia larva. Larva BSF optimal dipanen pada akhir tahap kelima atau awal tahap keenam (hari ke-15 hingga 18 dari penebaran), ketika kandungan protein mencapai puncak dan sebelum terjadi akumulasi lipid berlebihan yang dapat mempengaruhi stabilitas produk selama penyimpanan (Diener et al., 2011; Lalander et al., 2019).

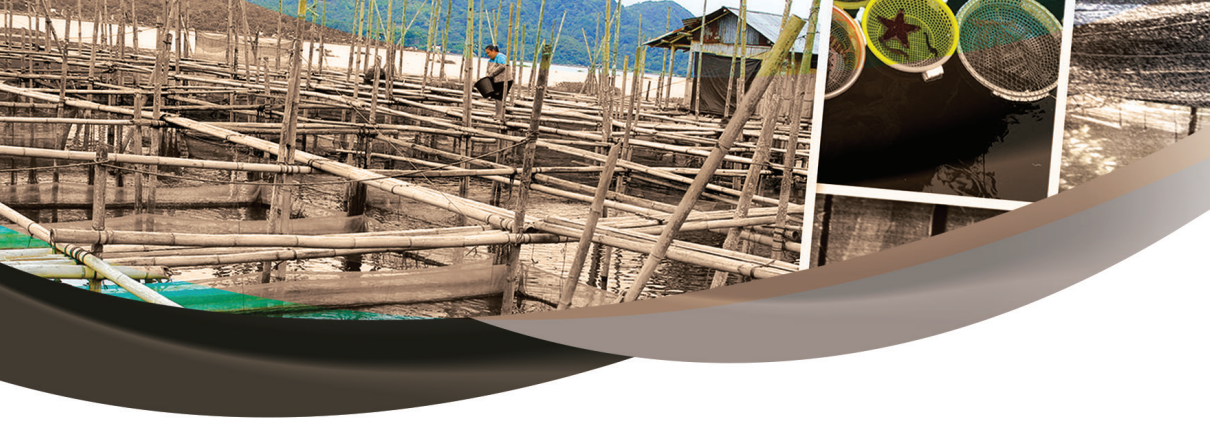
Indikator kematangan panen larva BSF meliputi beberapa parameter fisik dan perilaku yang dapat diamati secara visual. Larva siap panen memiliki panjang tubuh 18-25 mm, berat individual 150-250 mg, warna tubuh putih kekuningan hingga krem, dan tekstur tubuh yang kenyal namun tidak terlalu lunak. Secara perilaku, larva yang siap panen menunjukkan aktivitas migrasi atau perpindahan dari substrat makanan menuju area yang lebih kering, fenomena yang dikenal sebagai fase prepupa atau larva pengembara. Fenomena ini dapat dimanfaatkan untuk sistem pemanenan semi-otomatis menggunakan metode panen mandiri (Spranghersh et al., 2017).

Metode pemanenan dapat dikategorikan menjadi tiga pendekatan utama: pemanenan manual, pemanenan mekanis, dan sistem panen mandiri. Pemanenan manual dilakukan dengan pemisahan larva dari substrat menggunakan tangan atau alat sederhana seperti sendok atau spatula, metode ini cocok untuk skala rumah tangga dengan kapasitas produksi 1-5 kg larva segar per hari. Keuntungan metode manual adalah selektivitas tinggi dan tingkat kerusakan larva yang minimal, namun memerlukan tenaga kerja intensif dan membutuhkan waktu yang lama (Makkar et al., 2014).

Pemanenan mekanis menggunakan peralatan seperti ayakan bergetar, pemisah drum putar, atau sistem pencucian dan pengapungan untuk memisahkan larva dari substrat secara massal. Ayakan bergetar dengan ukuran lubang ayakan 4-6 mm dapat memisahkan larva dari sisa substrat dengan efisiensi 85-95%. Sistem ini cocok untuk produksi skala menengah dengan kapasitas 20-100 kg larva segar per hari, namun memerlukan investasi peralatan yang lebih besar dan dapat menyebabkan stres fisik pada larva.

Sistem panen mandiri memanfaatkan perilaku alami larva BSF yang bermigrasi ketika siap berubah menjadi pupa. Sistem ini menggunakan jalan miring dengan sudut kemiringan 30-45 derajat yang memungkinkan larva merangkak keluar dari substrat dan terkumpul di wadah terpisah. Efisiensi panen mandiri mencapai 70-90% dengan input tenaga kerja minimal dan stres pada larva. Sistem ini sangat cocok untuk operasi skala besar karena dapat beroperasi secara kontinyu dengan pengawasan minimal.

Tahap pembersihan dan preparasi larva setelah pemanenan melibatkan beberapa proses untuk menghilangkan kontaminan dan kotoran yang masih



Bab 5

Formulasi Pakan Berbasis Maggot

5.1 Komposisi Pakan Ikan Nila Berbasis Maggot

Formulasi pakan ikan nila berbasis tepung maggot merupakan pendekatan inovatif dalam pengembangan pakan berkelanjutan yang mengoptimalkan pemanfaatan protein alternatif tanpa mengorbankan kualitas nutrisi dan performa pertumbuhan ikan. Komposisi pakan yang efektif harus mempertimbangkan kebutuhan nutrisi spesifik ikan nila pada berbagai fase pertumbuhan, karakteristik unik tepung maggot sebagai sumber protein, dan interaksi sinergis antar komponen pakan untuk menghasilkan formulasi yang seimbang dan hemat biaya (Shumo et al., 2022).

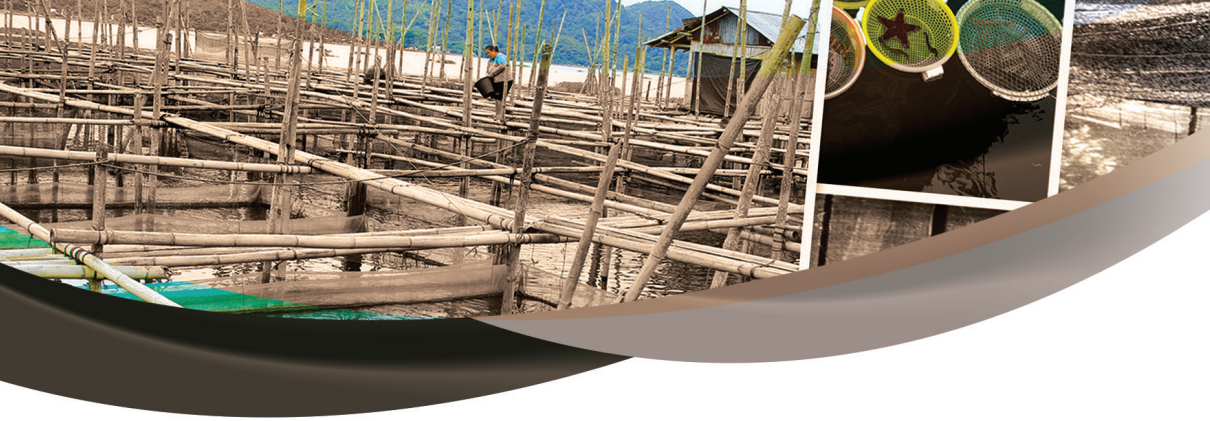
Komponen utama dalam formulasi pakan ikan nila berbasis maggot terdiri dari sumber protein utama (tepung maggot dan protein nabati), sumber energi (karbohidrat dan lipid), vitamin, mineral, dan bahan pengikat. Tepung maggot Black Soldier Fly berperan sebagai sumber protein hewani utama dengan kandungan protein 40-50%, menggantikan fungsi tepung ikan konvensional (Dabbou et al., 2021). Keunggulan tepung maggot terletak pada profil asam amino yang lengkap, kandungan asam lauric yang bersifat antimikroba, dan palatabilitas yang tinggi karena mengandung senyawa penarik alami seperti trimetilamin oksida dan nukleotida bebas (Shumo et al., 2022).

Formulasi pakan starter untuk ikan nila (0-30 hari) dengan basis tepung maggot dapat disusun dengan komposisi tepung maggot 25%, bungkil kedelai 20%, tepung jagung 30%, dedak halus 15%, minyak ikan 3%, campuran vitamin-mineral 2%, dan bahan pengikat 5%. Formulasi ini menghasilkan kandungan protein kasar 35-38%, energi 3200-3400 kkal/kg, dan lipid 8-10% yang sesuai dengan kebutuhan fase starter ikan nila (Saragih et al., 2021). Tingginya kandungan protein pada fase ini mendukung pembentukan jaringan tubuh dan organ vital yang intensif selama periode pertumbuhan awal.

Formulasi pakan grower untuk ikan nila (30-90 hari) mengalami modifikasi komposisi dengan tepung maggot 30%, bungkil kedelai 18%, tepung jagung 32%, dedak halus 12%, minyak nabati 2%, campuran vitamin-mineral 2%, dan bahan pengikat 4%. Peningkatan proporsi tepung maggot pada fase grower bertujuan mengoptimalkan pemanfaatan protein berkualitas tinggi untuk mendukung pertumbuhan cepat, sementara kandungan protein total dapat diturunkan menjadi 30-32% seiring dengan peningkatan efisiensi metabolisme ikan yang semakin dewasa.

Peran protein dalam formulasi berbasis maggot tidak hanya sebagai sumber asam amino untuk sintesis jaringan, tetapi juga sebagai pembawa untuk vitamin larut lemak dan pembentuk enzim pencernaan. Tepung maggot menyediakan profil asam amino yang superior dengan kandungan lisin 7.2%, metionin 2.3%, arginin 5.8%, dan triptofan 1.1% yang mendekati kebutuhan ikan nila. Keseimbangan asam amino esensial ini menghasilkan pemanfaatan protein bersih yang tinggi, mengurangi kebutuhan suplementasi asam amino sintetis yang mahal dan meningkatkan efisiensi ekonomis formulasi (Dabbou et al., 2021).

Lipid dalam formulasi berbasis maggot memiliki karakteristik unik karena kandungan asam lauric yang tinggi dalam tepung maggot. Asam lauric berperan sebagai antimikroba alami yang dapat mengurangi beban patogen dalam saluran pencernaan ikan, meningkatkan rasio konversi pakan, dan mendukung kesehatan usus (Aniebo et al., 2020). Namun, kandungan asam lemak omega-3 dalam tepung maggot relatif rendah dibanding tepung ikan, sehingga memerlukan suplementasi minyak ikan



Bab 6

Kinerja Pertumbuhan dan Efisiensi Pakan

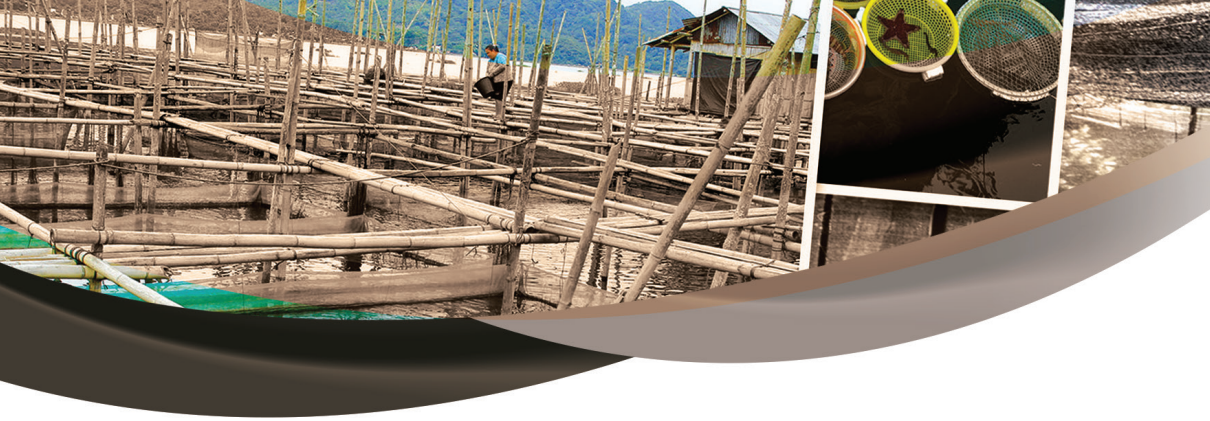
6.1 Pengaruh Tepung Maggot terhadap SGR, FCR, dan EPP

Evaluasi parameter kinerja pertumbuhan merupakan aspek fundamental dalam menilai efektivitas tepung maggot sebagai sumber protein alternatif dalam pakan ikan. Laju Pertumbuhan Spesifik (*Specific Growth Rate/SGR*), Rasio Konversi Pakan (*Feed Conversion Ratio/FCR*), dan Efisiensi Penggunaan Pakan (EPP) menjadi indikator utama yang menggambarkan kemampuan ikan dalam memanfaatkan nutrisi untuk pertumbuhan dan konversi pakan. Penelitian komprehensif yang dilakukan oleh Magalhães et al. (2021) pada ikan sea bass menunjukkan bahwa substitusi tepung ikan dengan tepung maggot *Black Soldier Fly* hingga 50% menghasilkan SGR yang sebanding dengan pakan kontrol, yaitu 2.34% per hari dibandingkan 2.41% per hari pada kontrol. Temuan ini mengindikasikan bahwa tepung maggot memiliki potensi signifikan sebagai pengganti tepung ikan tanpa mengorbankan laju pertumbuhan ikan secara substansial.

Mekanisme biologis yang mendasari performa pertumbuhan yang baik pada ikan yang diberi pakan berbasis tepung maggot dapat dijelaskan melalui analisis komposisi nutrisinya yang unik. Tepung maggot BSF mengandung protein berkualitas tinggi dengan profil asam amino yang mendekati

kebutuhan ikan, terutama kandungan lisin sebesar 6.8-7.2% dan metionin 2.1-2.5% yang sangat penting untuk sintesis protein tubuh (Spranghers et al., 2017). Kandungan asam lauric yang tinggi dalam tepung maggot, mencapai 20-30% dari total asam lemak, memberikan efek antimikroba yang dapat meningkatkan kesehatan saluran pencernaan dan optimasi penyerapan nutrisi. Penelitian oleh Onsongo et al. (2018) membuktikan bahwa asam lauric dalam maggot dapat meningkatkan tinggi jonjot usus (*villi height*) dan kedalaman kript (*crypt depth*) pada usus halus ikan, yang berkorelasi positif dengan peningkatan kapasitas absorpsi nutrisi dan konversi pakan yang lebih efisien.

Parameter FCR menunjukkan efisiensi konversi pakan menjadi biomassa ikan, dimana nilai yang rendah mengindikasikan efisiensi yang tinggi. Studi analisis gabungan (meta-analisis) yang dilakukan oleh Belforti et al. (2021) terhadap 15 penelitian penggunaan tepung maggot pada berbagai spesies ikan menunjukkan bahwa FCR rata-rata berkisar 1.23-1.78 pada tingkat substitusi 25-75%, yang sebanding atau bahkan lebih baik dibandingkan pakan berbasis tepung ikan konvensional. Mekanisme kimia yang menjelaskan efisiensi FCR yang baik ini terkait dengan ketersediaan nutrisi protein tepung maggot yang tinggi, dengan koefisien pencernaan protein mencapai 87-92% pada sebagian besar spesies ikan. Kandungan kitin dalam tepung maggot sebesar 5-8% tidak hanya berperan sebagai faktor pembatas pencernaan, tetapi juga memberikan efek prebiotik yang mendukung pertumbuhan mikroflora menguntungkan dalam saluran pencernaan ikan.



BAB 7

ANALISIS EKONOMI PRODUKSI PAKAN MAGGOT

7.1 Struktur Biaya Produksi Pakan Maggot

Produksi pakan berbasis maggot (larva Black Soldier Fly atau BSF) telah menjadi solusi potensial untuk mengatasi tingginya harga bahan baku pakan konvensional, terutama tepung ikan. Namun, keberhasilan usaha ini sangat dipengaruhi oleh efisiensi biaya produksinya. Pemahaman yang mendalam mengenai struktur biaya produksi menjadi penting bagi pelaku usaha maupun pemangku kepentingan untuk merancang strategi efisiensi biaya, penetapan harga, serta evaluasi kelayakan usaha.

Secara umum, struktur biaya produksi pakan maggot dapat diklasifikasikan ke dalam dua kategori besar, yaitu biaya tetap (*fixed cost*) dan biaya variabel (*variable cost*) (Sulistiyanto, 2020). Pembagian ini penting untuk melakukan analisis titik impas (*break-even analysis*) dan proyeksi keuntungan. Biaya tetap merupakan komponen biaya yang tidak berubah seiring dengan volume produksi, sedangkan biaya variabel akan meningkat secara proporsional dengan peningkatan volume produksi.

Biaya Tetap (*Fixed Cost*)

Biaya tetap merupakan biaya yang tidak berubah seiring dengan volume produksi. Dalam konteks produksi pakan maggot, komponen biaya tetap

meliputi investasi awal peralatan yang terdiri dari kandang atau instalasi pemeliharaan BSF, alat pengering, mesin penggiling, dan alat pengemasan. Semua peralatan produksi ini memiliki nilai ekonomis tertentu yang akan mengalami penyusutan aset tetap berdasarkan umur ekonomis yang telah ditetapkan.

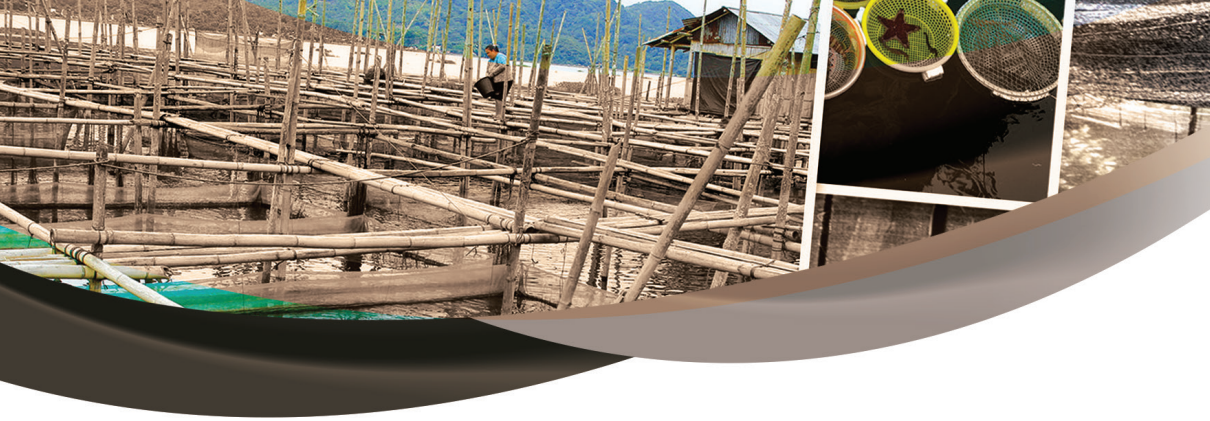
Gaji tenaga kerja tetap juga masuk dalam kategori biaya tetap, termasuk staf manajemen dan operasional tetap seperti supervisor produksi dan teknisi tetap. Apabila usaha menggunakan lahan atau bangunan dengan sistem sewa, maka biaya sewa lahan atau bangunan tersebut juga dikategorikan sebagai biaya tetap. Menurut studi yang dilakukan oleh Rahmawati et al. (2021), biaya tetap pada usaha kecil pakan maggot dapat mencapai 25–30% dari total biaya produksi awal, namun proporsinya menurun seiring skala produksi meningkat karena adanya *economies of scale*.

Biaya Variabel (*Variable Cost*)

Biaya variabel akan meningkat seiring dengan volume produksi yang dihasilkan. Beberapa komponen biaya variabel utama dalam produksi pakan maggot antara lain bahan baku media maggot seperti ampas tahu, sayuran busuk, sisa makanan, limbah organik, dan fraksi tambahan energi yang diperlukan untuk optimalisasi proses produksi. Salah satu keunggulan maggot adalah kemampuannya mengonsumsi limbah organik, sehingga menekan biaya bahan baku secara signifikan (Setiadi et al., 2020).

Biaya operasional harian termasuk listrik, air, bahan bakar untuk pengeringan, dan kemasan merupakan komponen penting dalam biaya variabel. Tenaga kerja harian lepas untuk kegiatan panen, pengolahan, dan pengemasan juga masuk dalam kategori ini. Selain itu, biaya distribusi dan transportasi produk ke pasar atau mitra bisnis juga perlu diperhitungkan jika pakan didistribusikan secara langsung.

Namun, biaya pengolahan pasca-panen seperti pengeringan dan peneupangan dapat menjadi signifikan, terutama jika belum menggunakan teknologi efisien energi. Hal ini menjadi perhatian penting dalam perencanaan struktur biaya operasional jangka panjang.



BAB 9

PROSPEK, REGULASI, DAN ARAH KEBIJAKAN

9.1 Regulasi Pakan Alternatif di Indonesia

Ketersediaan pakan berkualitas dan terjangkau menjadi elemen krusial dalam keberhasilan sektor peternakan dan akuakultur di Indonesia. Saat ini, tingginya harga pakan konvensional seperti tepung ikan, bungkil kedelai, dan jagung mendorong munculnya inovasi pakan alternatif berbasis bahan lokal, limbah agroindustri, maupun hasil biokonversi seperti maggot dari larva Black Soldier Fly (BSF). Namun, potensi pakan alternatif ini belum sepenuhnya diiringi oleh kerangka regulasi yang kuat dan inklusif. Masih terdapat kesenjangan antara praktik di lapangan dan ketentuan legal yang berlaku, sehingga pembahasan regulasi pakan alternatif menjadi penting untuk mendorong inovasi pakan yang aman, efisien, dan berkelanjutan.

Kerangka Hukum dan Regulasi Terkait Pakan

Regulasi pakan di Indonesia secara umum diatur dalam beberapa payung hukum utama yang saling terkait dan melengkapi. Undang-Undang No. 18 Tahun 2009 tentang Peternakan dan Kesehatan Hewan, beserta perubahannya melalui UU No. 41 Tahun 2014, menjadi landasan fundamental yang menekankan bahwa setiap pakan yang diedarkan harus memenuhi persyaratan keamanan, mutu, dan legalitas. Regulasi ini memberikan kerangka

dasar bagi pengembangan dan peredaran pakan ternak di Indonesia dengan mempertimbangkan aspek kesehatan hewan dan keamanan pangan.

Peraturan Pemerintah No. 95 Tahun 2012 tentang Kesehatan Masyarakat Veteriner dan Kesejahteraan Hewan melengkapi kerangka regulasi dengan menekankan aspek kesehatan masyarakat dan kesejahteraan hewan dalam konteks penggunaan pakan. Regulasi ini menjadi penting karena meningkatkan kualitas pakan dengan kesehatan konsumen akhir, yaitu masyarakat yang mengonsumsi produk hewani.

Di tingkat teknis operasional, Peraturan Menteri Pertanian No. 22 Tahun 2017 tentang Pendaftaran dan Peredaran Pakan memberikan panduan detail mengenai prosedur administratif dan teknis untuk mendaftarkan produk pakan. Sementara itu, Permentan No. 14 Tahun 2017 tentang Bahan Pakan menjelaskan klasifikasi bahan pakan konvensional maupun alternatif yang diakui secara legal. Kedua regulasi ini mewajibkan semua produk pakan yang diedarkan untuk memiliki izin edar, memenuhi standar mutu, serta menjalani uji laboratorium terkait kandungan nutrisi dan potensi kontaminan (Kementerian Pertanian RI, 2017).

Meskipun kerangka hukum sudah tersedia, implementasinya dalam konteks pakan alternatif masih menghadapi berbagai tantangan substansial. Klasifikasi formal atas pakan alternatif seperti tepung maggot, fermentasi limbah pertanian, atau dedak fermentasi masih minim dalam Permentan yang ada, sehingga menciptakan ketidakpastian hukum bagi pelaku usaha. Tingginya biaya pengujian laboratorium dan administrasi pendaftaran pakan menjadi beban yang berat bagi pelaku usaha kecil, terutama UMKM yang umumnya memiliki keterbatasan modal dan akses informasi.

Kurangnya standar spesifik SNI untuk berbagai jenis pakan alternatif nonkonvensional menyebabkan pelaku usaha kesulitan menyesuaikan produk mereka dengan standar yang berlaku. Selain itu, koordinasi antar instansi seperti Kementerian Pertanian, BPOM, KLHK, dan BSN dalam mengatur pakan berbasis limbah atau biokonversi masih perlu diperkuat untuk menciptakan sinergi regulasi yang komprehensif.

Menurut Supriyadi et al. (2022), banyak pelaku usaha ternak maggot yang mengalami kesulitan dalam mengakses legalitas pakan mereka karena



Daftar Pustaka

- Afriani, D. T., & Hasan, U. (2020). Analisis Proksimat Pakan Buatan Dengan Penambahan Hidrolisat Tepung Bulu Ayam. *EKSAKTA : Jurnal Penelitian dan Pembelajaran MIPA*, 5(2), Article 2. <https://doi.org/10.31604/eksakta.v5i2.186-190>
- Afriani, D. T., Syafitri, E., & Siswoyo, B. H. (2021). Dedak Fermentasi Sebagai Pupuk Alami Dalam Upaya Meningkatkan Kesuburan Media Budidaya Ikan. *EKSAKTA : Jurnal Penelitian dan Pembelajaran MIPA*, 6(2), Article 2. <https://doi.org/10.31604/eksakta.v6i2.171-177>
- Afriani, D.T., Sumekar, A. (2025). Evaluasi Kinerja dan Biaya Produksi Pakan Ikan Berbasis Tepung Maggot sebagai Alternatif Tepung Ikan. Laporan Penelitian. Universitas Dharmawangsa.
- Agustin, T., Rudi, M., & Prasetyo, H. (2024). Pengaruh Penambahan Ampas Kelapa Terfermentasi Ragi Roti Dalam Pakan Buatan Ikan Lele Sangkuriang (*Clarias Gariepinus*). *Jurnal Perikanan dan Kelautan*, 13(1), 87–95. <https://doi.org/10.33512/jpk.v13i1.21009>
- Amiruddin, M., Yuliana, S., & Rachmawati, I. (2021). Analisis Kelayakan Usaha Pakan Maggot di Jawa Barat. *Jurnal Agribisnis Indonesia*, 9(2), 134–143.
- Aniebo, A.O., Wekhe, S.N., & Okoli, I.C. (2020). Replacement of fish meal with maggot meal in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) diets: Effects on growth performance and body composition. *Aquaculture Research*, 51(4), 1395-1405.

- AOAC International. (2016). *Official Methods of Analysis of AOAC International* (20th ed.). AOAC International, Rockville, MD.
- Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN). (2022). Kajian Pengembangan Pakan Alternatif Berbasis Maggot untuk Ketahanan Pangan. Laporan Penelitian.
- Belforti, M., Gai, F., Lussiana, C., Renna, M., Malfatto, V., Rotolo, L., & Gasco, L. (2021). *Tenebrio molitor* meal in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) diets: Effects on animal performance, nutrient digestibility and chemical composition of fillets. *Italian Journal of Animal Science*, 20(1), 1707-1718.
- Belghit, I., Liland, N.S., Gjesdal, P., Biancarosa, I., Menchetti, E., Li, Y., & Lock, E.J. (2019). Black soldier fly larvae meal can replace fish meal in diets of sea-water phase Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Aquaculture*, 503, 609-619.
- Biasato, I., Gasco, L., De Marco, M., Renna, M., Rotolo, L., Dabbou, S. & Gai, F. (2018). Yellow mealworm larvae (*Tenebrio molitor*) inclusion in diets for male broiler chickens: Effects on growth performance, gut morphology, and histological findings. *Poultry Science*, 97(2), 540-548.
- BPS (Badan Pusat Statistik). (2022). *Statistik Perdagangan Luar Negeri Indonesia: Impor 2022*. Badan Pusat Statistik, Jakarta.
- Dabbou, S., Gai, F., Biasato, I., Capucchio, M.T., Biasibetti, E., Dezzutto, D., ... & Gasco, L. (2021). Black soldier fly defatted meal as a dietary protein source for brook trout (*Salvelinus fontinalis*): Effects on growth performance, blood chemistry, intestinal morphology, and microbiota. *Aquaculture*, 533, 736170.
- Devic, E., Leschen, W., Murray, F., & Little, D.C. (2022). Growth performance, feed utilization and body composition of advanced nursing Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fed diets containing Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) larvae meal. *Aquaculture Nutrition*, 28(2), 279-290.
- Dewi, S. K., & Maharani, L. (2023). Faktor sosial dalam adopsi teknologi budidaya maggot BSF di pedesaan. *Jurnal Sosiologi Pedesaan*, 8(1), 45-58.

- Diener, S., Zurbrügg, C., & Tockner, K. (2011). Conversion of organic material by black soldier fly larvae: Establishing optimal feeding rates. *Waste Management & Research*, 29(7), 755-764.
- Diener, S., Zurbrügg, C., & Tockner, K. (2011). Conversion of organic material by black soldier fly larvae: Establishing optimal feeding rates. *Waste Management & Research*, 29(7), 755-764.
- El-Sayed, A.-F. (2019). *Tilapia Culture*. <https://shop.elsevier.com/books/tilapia-culture/el-sayed/978-0-12-816541-6>
- European Commission. (2013). Commission Regulation (EU) No 56/2013 amending Annexes I and II to Directive 2002/32/EC of the European Parliament and of the Council as regards maximum levels for ergot sclerotia and ergot alkaloids in feed. *Official Journal of the European Union*, L 21/3.
- FAO (Food and Agriculture Organization). (2020). *The State of World Fisheries and Aquaculture 2020: Sustainability in action*. FAO, Rome.
- FAO (Food and Agriculture Organization). (2021). *Fishery and Aquaculture Statistics: Global production by production source 1950-2019*. FAO, Rome.
- FAO. (2013). Edible insects: Future prospects for food and feed security. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Furuya, W. M., Pezzato, L. E., Barros, M. M., Pezzato, A. C., Furuya, V. R. B., & Miranda, E. C. (2020). Use of ideal protein concept for precision formulation of amino acid levels in fish-meal-free diets for juvenile Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.). *Aquaculture Research*, 35(12), 1110–1116. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2004.01133.x>
- Gasco, L., Finke, M., & Van Huis, A. (2018). Can diets containing insects promote animal health? *Journal of Insects as Food and Feed*, 4(1), 1-4.
- Gittinger, J.P. (1986). *Economic Analysis of Agricultural Projects*. The Johns Hopkins University Press.
- Hassan, A., Ahmed, I., Reshi, Q. M., & Hassan, P. (2025). Role of Fat-Soluble Vitamins in Fish Nutrition. In I. Ahmed & I. Ahmad (Eds.), *Aquaculture: Enhancing Food Security and Nutrition* (pp. 203–224). Springer Nature Switzerland. https://doi.org/10.1007/978-3-031-92858-1_10

- Henry, M., Gasco, L., Piccolo, G., & Fountoulaki, E. (2015). Review on the use of insects in the diet of farmed fish: Past and future. *Animal Feed Science and Technology*, 203, 1-22.
- Imaniy, A. N., Lamid, M., & Budi, D. S. (2022). The effects of exogenous dietary enzyme on the growth of giant gourami (*Osphronemus goramy*). *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1036(1), 012108. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1036/1/012108>
- IndexMundi. (2023). *Fish meal monthly price–US Dollars per metric ton*. Retrieved from: <https://www.indexmundi.com/commodities/?commodity=fish-meal>
- Indrawati, N., & Kurniawan, P. (2023). Peran kemitraan multi-stakeholder dalam pengembangan industri pakan alternatif. *Jurnal Kebijakan Pembangunan*, 18(1), 56-71.
- Irungu, F.G., Mutungi, C.M., Faraj, A.K., Affognon, H., Kiprotich, S., Roos, N., ... & Ekesi, S. (2022). Physico-chemical properties of extruded aquafeed pellets containing black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae and adult cricket (*Acheta domesticus*) meals. *Journal of Insects as Food and Feed*, 8(1), 51-61.
- ISO 4833-1. (2013). *Microbiology of the food chain–Horizontal method for the enumeration of microorganisms–Part 1: Colony count at 30 degrees C by the pour plate technique*. International Organization for Standardization, Geneva.
- Kementerian Pertanian RI. (2017). Peraturan Menteri Pertanian No. 14 Tahun 2017 tentang Bahan Pakan.
- Kementerian Pertanian RI. (2017). Peraturan Menteri Pertanian No. 22 Tahun 2017 tentang Pendaftaran dan Peredaran Pakan.
- Kementerian Pertanian RI. (2022). Program Pakan Mandiri dan Inovasi Pakan Lokal. Direktorat Pakan, Ditjen Peternakan dan Kesehatan Hewan.
- Kinasih, I., Nugroho, R. A., & Prabowo, T. (2021). Pengembangan Teknologi Pakan Berbasis Maggot BSF. Balai Penelitian dan Pengembangan Pertanian.

- Kroeckel, S., Harjes, A.G.E., Roth, I., Katz, H., Wuertz, S., Susenbeth, A., & Schulz, C. (2023). When a turbot catches a fly: Evaluation of a pre-pupae meal of the Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) as fish meal substitute – Growth performance and chitin degradation in juvenile turbot (*Psetta maxima*). *Aquaculture*, 364, 345-352.
- Kusuma, D. A., & Prabowo, S. (2023). Analisis rantai nilai produk maggot BSF dalam industri pakan. *Jurnal Agribisnis Indonesia*, 11(1), 78-94.
- Lalander, C., Diener, S., Zurbrügg, C., & Vinnerås, B. (2019). Effects of feedstock on larval development and process efficiency in waste treatment with black soldier fly (*Hermetia illucens*). *Journal of Cleaner Production*, 208, 211-219.
- Li, Y., Kortner, T.M., Chikwati, E.M., Belghit, I., Lock, E.J., & Krogdahl, Å. (2017). Total replacement of fish meal with black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae meal does not compromise the gut health of Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Aquaculture*, 518, 95-104.
- Magalhães, R., Sánchez-López, A., Leal, R.S., Martínez-Llorens, S., Oliva-Teles, A., & Peres, H. (2021). Black soldier fly (*Hermetia illucens*) pre-pupae meal as a fish meal replacement in diets for European seabass (*Dicentrarchus labrax*). *Aquaculture*, 540, 736716.
- Makkar, H.P.S., Tran, G., Heuzé, V., & Ankers, P. (2014). State-of-the-art on use of insects as animal feed. *Animal Feed Science and Technology*, 197, 1-33.
- Mulyani, S., Dewi, E., & Nurjanah, S. (2020). Formulasi pakan ikan alternatif menggunakan tepung maggot. *Jurnal Akuakultur Indonesia*, 19(1), 45-53.
- Nasution, A.D. (2020). *Analisis Kelayakan Investasi*. Jakarta: Mitra Wacana Media.
- NRC (National Research Council). (2011). *Nutrient Requirements of Fish and Shrimp*. National Academy Press, Washington, DC.
- Nurhanifah, I., & Widodo, A. (2023). Inovasi teknologi dalam budidaya maggot BSF untuk keberlanjutan usaha. *Jurnal Inovasi Pertanian*, 14(2), 89-103.

- Onsongo, V.O., Osuga, I.M., Gachuiri, C.K., Wachira, A.M., Miano, D.M., Tanga, C.M., ... & Fiaboe, K.K.M. (2018). Insects for income generation through animal feed: Effect of dietary replacement of soybean and fish meal with black soldier fly meal on broiler growth and economic performance. *Journal of Economic Entomology*, 111(4), 1966-1973.
- Pikitch, E., Boersma, P. D., Boyd, I. L., Conover, D. O., Cury, P., Essington, T., ... & Munch, S. B. (2014). Little fish, big impact: Managing a crucial link in ocean food webs. *Lenfest Ocean Program*, Washington, DC.
- Pratiwi, D. Y. (2022). Review: Pengaruh Penggunaan Tepung Daun Indigofera Zollingeriana Sebagai Bahan Pakan Ikan. *Jurnal Akuatek*, 3(1), 27–32. <https://doi.org/10.24198/akuatek.v3i1.39767>
- Purnamawati, L., Suhenda, N., & Tahapari, E. (2021). Pemanfaatan tepung maggot (*Hermetia illucens*) sebagai pengganti tepung ikan dalam pakan ikan lele (*Clarias gariepinus*). *Jurnal Riset Akuakultur*, 16(2), 89-98.
- Puslitbangnak (Pusat Penelitian dan Pengembangan Peternakan). (2023). *Meta-Analisis Faktor Keberhasilan Implementasi Budidaya Maggot BSF di Indonesia*. Bogor: Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian.
- Rahmawati, D., Hidayat, T., & Nurul, A. (2021). Studi Ekonomi Pakan Ikan Berbasis Maggot BSF. *Jurnal Akuakultur Tropis*, 6(1), 45–54.
- Ratnawati, D., Suprayudi, M.A., & Jusadi, D. (2022). Evaluasi kualitas fisik pakan ikan nila berbasis tepung maggot Black Soldier Fly. *Jurnal Akuakultur Indonesia*, 21(2), 156-165.
- Rumpold, B. A., & Schlüter, O. K. (2013). Potential and challenges of insects as an innovative source for food and feed production. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 17, 1–11.
- Rumpold, B.A., & Schlüter, O.K. (2013). Potential and challenges of insects as an innovative source for food and feed production. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 17, 1-11.
- Rustad, T., Storror, I., & Slizyte, R. (2011). Possibilities for the utilisation of marine by-products. *International Journal of Food Science & Technology*, 46(10), 2001-2014.

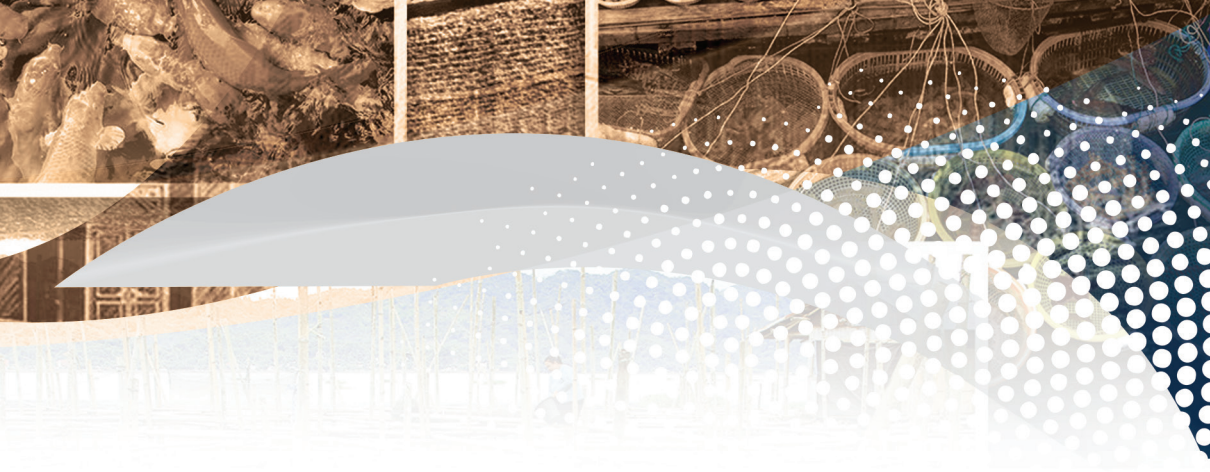
- Sankian, Z., Khosravi, S., Kim, Y.O., & Lee, S.M. (2022). Effects of dietary inclusion of yellow mealworm (*Tenebrio molitor*) meal on growth performance, feed utilization, body composition, plasma biochemical indices, selected immune parameters and antioxidant enzyme activities of juvenile olive flounder (*Paralichthys olivaceus*). *Aquaculture*, 546, 737692.
- Santoso, B., Wijaya, K., & Lestari, M. (2022). Analisis kelayakan finansial usaha budidaya maggot BSF skala UMKM. *Jurnal Manajemen Agribisnis*, 19(3), 156-171.
- Saragih, B. (2022). Kolaborasi multipihak dalam mendukung inovasi pangan lokal. *Jurnal Inovasi Pangan Berkelanjutan*, 4(2), 123–130.
- Saragih, H.T., Sari, D.K., & Maharani, E.T. (2021). Formulasi pakan ikan nila (*Oreochromis niloticus*) berbasis tepung maggot untuk memenuhi standar SNI. *Jurnal Perikanan dan Kelautan*, 26(3), 142-151.
- Sealey, W.M., Gaylord, T.G., Barrows, F.T., Tomberlin, J.K., McGuire, M.A., Ross, C., & St-Hilaire, S. (2011). Sensory analysis of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*, fed enriched black soldier fly prepupae, *Hermetia illucens*. *Journal of the World Aquaculture Society*, 42(1), 34-45.
- Setiadi, T., Widodo, S., & Prabowo, R. (2020). Produksi Maggot dari Limbah Organik: Kajian Ekonomi dan Lingkungan. *Jurnal Teknologi Agroindustri*, 10(1), 12–21.
- Setyawan, D. (2020). Pengembangan usaha maggot BSF berbasis rumah tangga. *Jurnal Agroindustri*, 10(2), 100–110.
- Sheppard, D.C., Tomberlin, J.K., Joyce, J.A., Kiser, B.C., & Sumner, S.M. (2002). Rearing methods for the black soldier fly (Diptera: Stratiomyidae). *Journal of Medical Entomology*, 39(4), 695-698.
- Shumo, M., Osuga, I.M., Khamis, F.M., Tanga, C.M., Fiaboe, K.K.M., Subramanian, S., ... & Borgemeister, C. (2022). The nutritive value of black soldier fly larvae reared on common organic waste streams in Kenya. *Scientific Reports*, 12, 1757.
- Sirait, F. P., Afriani, D. T., & Manullang, H. M. (2024). Effectiveness of Fish Meal Substitution Using Maggot Meal in Floating Pellets on The Growth and Life Survival of Tilapia Fish (*Oreochromis niloticus*).

JURNAL PEMBELAJARAN DAN BIOLOGI NUKLEUS, 10(2), Article 2. <https://doi.org/10.36987/jpbn.v10i2.5836>

- Siregar, H. (2020). Analisis Investasi dan Studi Kelayakan. Bogor: IPB Press
- SNI 01-6486.1-2002. (2002). *Pakan Buatan untuk Ikan Nila (Oreochromis niloticus) pada Budidaya Intensif*. Badan Standardisasi Nasional, Jakarta.
- Sprangers, T., Ottoboni, M., Klootwijk, C., Olyn, A., Deboosere, S., De Meulenaer, B., & De Smet, S. (2017). Nutritional composition of black soldier fly (*Hermetia illucens*) prepupae reared on different organic waste substrates. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 97(8), 2594-2600.
- Sprangers, T., Ottoboni, M., Klootwijk, C., Olyn, A., Deboosere, S., De Meulenaer, B., & De Smet, S. (2017). Nutritional composition of black soldier fly (*Hermetia illucens*) prepupae reared on different organic waste substrates. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 97(8), 2594-2600.
- Subagyo, H., & Trisnawati, E. (2022). Peran pemerintah daerah dalam pengembangan industri pakan alternatif berbasis maggot. *Jurnal Kebijakan Publik*, 16(2), 78-95.
- Sulistiyanto, D. (2020). Manajemen Biaya Produksi untuk UMKM. Yogyakarta: Deepublish.
- Sumekar, A., & Afriani, D. T. (2025). Model Technopreneurship Berbasis Inovasi Pakan Maggot: Strategi Keberlanjutan Agribisnis Berkelanjutan dalam Sektor Perikanan dan Peternakan. In *PROSIDING SEMINAR NASIONAL FAKULTAS TEKNIK DAN ILMU KOMPUTER UNIVERSITAS DHARMAWANGSA* (Vol. 2, No. 1, pp. 29-43).
- Sumekar, A. (2025). Affecting Internal Social Capital to Firm Performance: Small and Medium Enterprises (SMEs) in North Sumatra. *Dharmawangsa: International Journal of the Social Sciences, Education and Humanitis*, 6(2), 228-238
- Sumekar, A. (2024). *Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Kinerja Perusahaan Logistik di Sumatera Utara* (Disertasi, Universitas Sumatera Utara).

- Supriyadi, T., Wahyudi, T., & Hamzah, H. (2022). Analisis kelayakan usaha ternak maggot skala UMKM. *Jurnal Agribisnis Peternakan*, 7(1), 25–33.
- Surendra, K. C., Olivier, R., Tomberlin, J. K., Jha, R., & Khanal, S. K. (2016). Bioconversion of organic wastes into animal feed protein using black soldier fly larvae: A review. *Waste Management*, 41, 75–86.
- Tacon, A.G.J., & Metian, M. (2015). Feed matters: Satisfying the feed demand of aquaculture. *Reviews in Fisheries Science & Aquaculture*, 23(1), 1-10.
- Terova, G., Rimoldi, S., Ascione, C., Gini, E., Ceccotti, C., & Gasco, L. (2019). Rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) gut microbiota is modulated by insect meal from *Hermetia illucens* prepupae in the diet. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 29(2), 465-486.
- Tocher, D. R. (2015). Omega-3 long-chain polyunsaturated fatty acids and aquaculture in perspective. *Aquaculture*, 449, 94–107. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2015.01.010>
- Tomberlin, J.K., Adler, P.H., & Myers, H.M. (2009). Development of the black soldier fly (Diptera: Stratiomyidae) in relation to temperature. *Environmental Entomology*, 38(3), 930-934.
- Van Huis, A. (2013). Potential of insects as food and feed in assuring food security. *Annual Review of Entomology*, 58, 563–583.
- Van Huis, A., Van Itterbeeck, J., Klunder, H., Mertens, E., Halloran, A., Muir, G., & Vantomme, P. (2013). *Edible insects: Future prospects for food and feed security*. FAO Forestry Paper 171, FAO, Rome.
- Wang, Y. S., & Shelomi, M. (2017). Review of Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) as animal feed and human food. *Foods*, 6(10), 91.
- WHO (World Health Organization). (2007). *Protein and amino acid requirements in human nutrition*. WHO Technical Report Series 935, Geneva.
- Widjastuti, T. (2021). Maggot sebagai sumber protein alternatif: Potensi dan tantangan. *Jurnal Nutrisi Ternak*, 9(2), 85–94.
- Wilson, R. P. (2003). Amino Acids and Proteins. In *Fish Nutrition* (pp. 143–179). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/b978-012319652-1/50004-5>

- Yuliana, R., Hartati, R., & Suryaningsih, I. (2021). Pelatihan pengolahan maggot sebagai pakan alternatif dalam peningkatan kemandirian peternak. *Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 7(1), 55–63.
- Yuliana, S., Utomo, R., & Handayani, E. (2023). Model Bisnis Berkelanjutan dalam Produksi Pakan Alternatif Berbasis Maggot. *Jurnal Ekonomi Sirkular*, 2(1), 21–35.
- Ziegler, F., Winther, U., Hognes, E. S., Emanuelsson, A., Sund, V., & Ellingsen, H. (2016). The carbon footprint of Norwegian seafood products on the global seafood market. *Journal of Cleaner Production*, 112, 4865–4875.



Tentang Penulis



Dwi Tika Afriani, S.Si., M.Pd. adalah dosen tetap pada Program Studi Akuakultur, Fakultas Perikanan, Universitas Dharmawangsa. Mengampu mata kuliah Biologi, Genetika Ikan, dan Nutrisi Ikan, serta aktif dalam penelitian dan pengabdian kepada masyarakat, khususnya pada bidang pengembangan pakan alternatif berbasis sumber protein berkelanjutan seperti tepung maggot (*Hermetia illucens*) dan hidrolisat bulu ayam.

Kajian ilmiah yang dikembangkan penulis berfokus pada nutrisi ikan, pakan ikan, dan perikanan, dengan memadukan pendekatan edukatif dan aplikatif. Bidang kajian tersebut meliputi nutrisi ikan, biologi akuakultur, inovasi pakan berkelanjutan, dan manajemen laboratorium. Selain kegiatan akademik, penulis juga menaruh perhatian pada penerapan teknologi tepat guna dalam budidaya ikan nila, serta pelaksanaan program pemberdayaan masyarakat yang berkaitan dengan pakan mandiri dan praktik akuakultur berkelanjutan.



Dr. Aried Sumekar, S.E., M.Ak., Ak., CA., QRMO., QIA. adalah dosen tetap pada Program Studi Akuntansi, Fakultas Ekonomi dan Bisnis, Universitas Dharmawangsa. Menyelesaikan pendidikan Doktor pada Program Studi Ilmu Akuntansi, Universitas Sumatera Utara. Selain aktivitas akademik, penulis memiliki pengalaman profesional di bidang akuntansi, keuangan, perpajakan, dan pengendalian internal, serta memegang berba-

gai sertifikasi di bidang manajemen risiko dan audit internal.

Bidang penelitian yang digeluti meliputi tata kelola perusahaan, kinerja perusahaan, serta sistem pengendalian internal. Dengan latar belakang akademik dan profesional tersebut, penulis berupaya mengembangkan kajian akuntansi yang terintegrasi dengan praktik manajerial, khususnya dalam konteks pengelolaan risiko, efektivitas pengendalian, serta peningkatan kinerja organisasi.



INOVASI PAKAN IKAN BERKELANJUTAN

Akuakultur dalam Perspektif Biologi dan Ekonomi

Buku ini disusun sebagai jawaban atas tantangan besar dalam industri akuakultur, khususnya terkait ketersediaan pakan yang berkelanjutan. Biaya pakan yang mendominasi struktur biaya produksi, fluktuasi harga bahan baku, serta isu keberlanjutan lingkungan mendorong perlunya inovasi dalam formulasi pakan ikan. Oleh karena itu, kami menghadirkan buku ini dengan pendekatan integratif antara bidang biologi-akuakultur dan ilmu ekonomi, untuk memberikan gambaran menyeluruh mengenai potensi inovasi pakan berbasis sumber protein alternatif, seperti maggot (*Hermetia illucens*), dari sisi nutrisi ikan maupun efisiensi biaya produksi.

Isi buku ini memuat kajian teoritis dan hasil penelitian terkait dasar-dasar nutrisi ikan, peran dan keterbatasan tepung ikan, prospek maggot sebagai sumber protein alternatif, serta analisis ekonomi dan keberlanjutan industri akuakultur. Pendekatan lintas disiplin ini diharapkan dapat memperkaya khasanah keilmuan sekaligus memberikan kontribusi nyata bagi mahasiswa, dosen, peneliti, praktisi akuakultur, pelaku usaha perikanan, dan para pengambil kebijakan dalam merumuskan strategi pengembangan akuakultur yang berdaya saing, ramah lingkungan, dan berkelanjutan.

Dalam proses penyusunan buku ini, kami berupaya menghadirkan materi yang komprehensif, meski selalu ada ruang untuk perbaikan dan pengembangan lebih lanjut. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat kami harapkan demi perbaikan pada edisi-edisi selanjutnya. Semoga kehadiran buku ini dapat memberikan manfaat luas serta menjadi referensi penting dalam pengembangan ilmu pengetahuan dan praktik akuakultur di Indonesia.



✉ literasinusantaraofficial@gmail.com
🌐 www.penerbitlitnus.co.id
📖 Literasi Nusantara
📞 [085755971589](tel:085755971589)

Ekonomi

+17

ISBN 978-634-234-650-1



9 786342 346501