

TATA KELOLA PERBENIHAN IKAN

AGUSSYARIF HANAFIE



PT. PENA PERSADA KERTA UTAMA

TATA KELOLA PERBENIHAN IKAN

Penulis:

Agussyarif Hanafie

ISBN: 978-634-282-296-8

Design Cover:

Yanu Fariska Dewi

Layout:

Hasnah Aulia

PT. Pena Persada Kerta Utama

Redaksi:

Jl. Gerilya No. 292 Purwokerto Selatan, Kab. Banyumas
Jawa Tengah.

Email: *penerbit.penapersada@gmail.com*

Website: *penapersada.id*. Phone: (0281) 7771388

Anggota IKAPI: 178/JTE/2019

All right reserved

Cetakan pertama: 2026

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

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas rahmat dan karunia-Nya, sehingga buku tentang "Tata Kelola Perbenihan Ikan " ini dapat diselesaikan.

Sektor perbenihan ikan merupakan tulang punggung keberhasilan perikanan budidaya (akuakultur). Buku ini mengupas tentang tata kelola yang baik, mulai dari desain konstruksi dan tata letak, tata kelola induk, teknik pemijahan, tata kelola penetasa telur, tata kelola larva dan benih ikan, tata kelola kualitas air, tata kelola kesehatan, biosekuriti dan karantina, tata kelola pemanen dan aklimatisasi, strategi tata kelola , perencanaan bisnis, dan analisa usaha perbenihan ikan, tata kelola adminisitrasi dan sistem pelaporan digital, Tata Kelola Cara Perbenihan Ikan yang Baik (CPIB) dan Standar Nasional Indonesia (SNI) dan evaluasi kinerja dan tren perbenihan ikan.

Buku ini disusun sebagai bahan refensi untuk meningkatkan efisiensi dan standar kualitas di Balai Benih Ikan (BBI), Unit Perbenihan Rakyat (UPR) maupun Usaha Perbenihan Ikan Skala Besar dan masyarakat luas yang berminat mengembangkan usaha perbenihan ikan.

Kami menyadari bahwa keberhasilan tata kelola perbenihan ikan memerlukan sinergi antara pemerintah, pelaku usaha, dan teknisi lapangan dan stakeholder lainnya . Oleh karena itu, buku ini diharapkan dapat memberikan panduan operasional yang aplikatif.

Kami mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah berkontribusi. Kritik dan saran yang membangun sangat kami harapkan untuk perbaikan buku ini di masa mendatang.

Banjarbaru, Mei 2026

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	iv
BAB 1 PENDAHULUAN	1
A. Proyeksi Pertumbuhan Produksi Perikanan Budi Daya Dunia dan Indonesia 2020–2030	3
B. Definisi dan Tujuan Hatchery Ikan dalam Konteks Akuakultur Modern	3
C. Jenis-jenis Hatchery: Klasifikasi Berdasarkan Skala, Status, dan Fungsi	5
BAB 2 DESAIN KONSTRUKSI, TATA LETAK, DAN TATAKELOLA INFRASTRUKTUR PERBENIHAN IKAN	20
A. Prinsip Dasar Konstruksi dan Persyaratan Lokasi Hatchery	21
B. Tata Letak (Layout) Hatchery Berbasis Alur Produksi dan Biosekuriti	22
C. Spesifikasi dan Desain Wadah Pemeliharaan	24
D. Sistem Suplai dan Filtrasi Air	26
BAB 3 TATA KELOLA INDUK DALAM PERBENIHAN IKAN	36
A. Paradigma Baru Manajemen Induk dalam Akuakultur Berkelanjutan	37
B. Mitigasi Dampak Perubahan Iklim terhadap Performa Induk	37
C. Seleksi Induk Unggul: Kriteria Fisik, Umur, dan Integritas Genetik	38
D. Kriteria Fisik dan Fenotipik Calon Induk	38
E. Pentingnya Umur dan Bobot Tubuh dalam Kematangan Seksual	39
F. Aplikasi Marka DNA dalam Pemuliaan Ikan Presisi	40
G. Pemeliharaan dan Nutrisi Induk: Formulasi Pakan untuk Kualitas Gamet	40
H. Kebutuhan Protein dan Lipid sebagai Komponen Vitelogensis	41
I. Peran Mikronutrisi dan Suplementasi Antioksidan	41
J. Teknik Pengelolaan Induk: Sexing, Biosekuriti, dan	

Monitoring Non-Invasif	42
K. Manajemen Induk Siap Pijah (Maturasi): Rekayasa Hormonal dan Lingkungan	44
L. Evaluasi Kematangan Gonad: Monitoring TKG, IKG, dan Histologi	45
M. Arah Strategis Manajemen Induk Masa Depan	47
BAB 4 TEKNIK PEMIJAHAN IKAN.....	54
A. Landasan Fisiologis dan Mekanisme Endokrin	54
B. Pemijahan Alami: Sinergi Biologi dan Ekologi	55
C. Pemijahan Semi-Alami: Teknik Induksi Hormonal	57
D. Pemijahan Buatan: Kontrol Presisi dan Manajemen Gamet.....	59
E. Analisis Komparatif Efektivitas Metode Pemijahan	61
F. Inovasi Teknologi dan Penanda Kualitas Telur (Oosit)	62
G. Mekanisme Sinkronisasi dan Strategi Manajemen Perbenihan	63
H. Implikasi Teknik Pemijahan Ikan bagi Akuakultur	63
BAB 5 TATA KELOLA PENETASAN TELUR IKAN	70
A. Karakteristik Fisik dan Biokimia Telur Ikan	71
B. Morfologi dan Struktur Telur	71
C. Klasifikasi Berdasarkan Sifat Fisik di Media Air	71
D. Komposisi Biokimia dan Kualitas Nutrisi	72
E. Dinamika Embriogenesis: Dari Fertilisasi hingga Penetasan.....	73
F. Wadah dan Teknologi Teknik Penetasan Telur	75
G. Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Daya Tetas (Hatching Rate).....	77
H. Penanganan Telur dan Manajemen Kesehatan.....	79
I. Manajemen Pasca-Penetasan dan Penanganan Larva	81
J. Implikasi Strategis Manajemen Penetasan Telur	81
BAB 6 TATA KELOLA LARVA DAN BENIH IKAN	88
A. Manajemen Perawatan Larva dan Protokol Biosekuriti	89
B. Strategi Manajemen Pakan Alami: Produksi dan Pengkayaan.....	90
C. Manajemen Kualitas Air: Parameter Kritis dan Teknologi Pengolahan.....	94

D. Teknik Grading dan Manajemen Stres Benih	96
E. Analisis Finansial dan Kelayakan Usaha Perbenihan	98
F. Strategis Manajemen Larva menjadi Benih.....	99
BAB 7 TATA KELOLA KUALITAS AIR PERBENIHAN IKAN	105
A. Dinamika Parameter Fisika Air dan Implikasi Termodinamikanya	106
B. Parameter Kimia Air: Keseimbangan Ionik dan Kualitas Hidup Larva	108
C. Teknik Pergantian Air dan Inovasi Sistem Resirkulasi (RAS).....	110
Netralisasi Kimia: Mekanisme Natrium Tiosulfat dan Residu Klorin.....	114
D. Integrasi Digital dan Masa Depan Pengelolaan Air Hatchery.....	115
E. Implementasi Tata Kelola Kualitas Air dalam Panti Benih.....	116
BAB 8 TATA KELOLA KESEHATAN, BIOSEKURITI, DAN KARANTINA PERBENIHAN IKAN	120
A. Landasan Filosofis dan Dinamika Kesehatan Organisme Akuatik	121
B. Indikator Morfologi dan Perilaku Ikan Sehat.....	121
C. Arsitektur Biosekuriti dalam Unit Perbenihan Ikan	123
D. Dinamika Penyakit pada Larva dan Benih Ikan	124
E. Peran Hormon Kortisol dalam Imunosupresi	127
F. Pengaruh Suhu dan Beban Organik	127
G. Strategi Pencegahan Penyakit dan Penguatan Biota	128
H. Sistem Karantina Ikan: Benteng Pertahanan Nasional	131
I. Masa Depan Manajemen Kesehatan Perbenihan Ikan	133
BAB 9 TATA KELOLA PEMANENAN, AKLIMATISASI, INOVASI KEMASAN DAN TEKNOLOGI TRANSPORTASI BENIH IKAN	139
A. Teknik Pemanenan Benih Ikan: Presisi Metodologi dan Manajemen Stres.....	140
B. Mekanisme Fisiologis dan Biokimia Aklimatisasi Benih Ikan.....	142
C. Inovasi Material dan Teknologi Pengemasan	

Benih Ikan	144
D. Mekanisme Transportasi dan Manajemen Kualitas Air.....	146
E. Aplikasi Bahan Anestesi Alami dalam Transportasi	148
F. Aplikasi dalam Transportasi Jarak Jauh	150
Analisis Integrasi dan Implikasi Strategis	150
G. Keberlanjutan Lingkungan dan Ekonomi	150
H. Masa Depan Teknologi Pasca-Panen.....	151
BAB 10 STRATEGI TATA KELOLA , PERENCANAAN BISNIS, DAN ANALISA USAHA PERBENIHAN IKAN	158
A. Analisis Strategi Manajemen melalui Model Lima Kekuatan Porter	160
B. Strategi Kompetitif Generik dan Keunggulan Bersaing	162
C. Perencanaan Bisnis melalui Pendekatan Business Model Canvas (BMC)	163
D. Manajemen Operasional: Standar CPIB dan Prosedur Kerja Teknis	166
E. Analisa Finansial dan Kelayakan Investasi	168
F. Strategi Pemasaran di Era Ekonomi Digital	171
G. Transformasi Digital dan E-Commerce	171
H. Kemitraan Strategis dan Jaringan Distribusi.....	171
I. Industrialisasi dan Hilirisasi Produk.....	172
J. Digitalisasi dan Modernisasi Rantai Pasok	172
K. Penguatan Sumber Daya Manusia dan Kelembagaan.....	172
L. Sintesis dan Rekomendasi Strategis	172
BAB 11 TATA KELOLA ADMINISTRASI DAN SISTEM PELAPORAN DIGITAL PADA SEKTOR PERBENIHAN IKAN	182
A. Evolusi Kerangka Regulasi dan Arsitektur Hukum Perbenihan Ikan.....	183
B. Perbandingan Evolusi Regulasi Perbenihan Ikan	184
C. Tata Kelola Administrasi Perizinan dan Sertifikasi Melalui Sistem Elektronik	184
D. Mekanisme Sertifikasi CPIB dalam Tata Kelola Terbaru	185

E. Standarisasi Dokumentasi Teknis dan Manajemen Rekaman Operasional	186
F. Parameter Krusial dalam Dokumentasi Teknis Perbenihan.....	187
G. Manajemen Keuangan dan Analisis Ekonomi Unit Perbenihan.....	188
H. Komponen Perhitungan Harga Pokok Produksi (HPP) Perbenihan	189
I. Analisis Kelayakan Investasi dan Arus Kas	189
J. Digitalisasi dan Akuakultur 4.0: Masa Depan Pelaporan Perbenihan	190
K. Dampak Implementasi Monitoring pH Digital.....	191
L. Sistem Pelaporan Akuntabilitas dan Pengendalian Internal.....	192
M. Pelaporan Eksternal dan Kewajiban Pemilik Sertifikat CPIB.....	192
N. Sistem Pengendalian Intern Pemerintah (SPIP) dalam Unit Perbenihan.....	193
O. Pengawasan, Pembinaan, dan Evaluasi Kinerja Berkelanjutan	194
P. Mekanisme Pengawasan dan Surveilans	194
Q. Tantangan dan Rekomendasi Masa Depan Tata Kelola Perbenihan.....	195
BAB 12 TATA KELOLA CARA PERBENIHAN IKAN YANG BAIK (CPIB) DAN STANDAR NASIONAL INDONESIA (SNI)	202
A. Evolusi Kerangka Regulasi Perbenihan Ikan Nasional	203
B. Pilar Utama Cara Perbenihan Ikan yang Baik (CPIB)	204
C. Prosedur Sertifikasi dan Tata Kelola Administrasi.....	207
D. Analisis Teknis Standar Nasional Indonesia (SNI) Perbenihan.....	210
E. Peran Teknologi Modern dalam Kepatuhan Standar CPIB dan SNI.....	213
F. Tantangan dan Kendala Implementasi di Tingkat Pembudidaya Rakyat	214
G. Proyeksi dan Rencana Strategis Perbenihan Ikan.....	215

H. Implikasi Tata Kelola Masa Depan.....	217
BAB 13 EVALUASI DAN TREN TEKNOLOGI	
PERBENIHAN IKAN.....	228
A. Parameter Biologis dan Evaluasi Genetik.....	229
B. Manajemen Fisiologi Embrionik dan Kontrol Lingkungan Inkubasi.....	231
C. Inovasi Teknologi Pemuliaan dan Genetika Molekuler ...	233
D. Implementasi Kecerdasan Buatan (AI) dan Digitalisasi Hatchery	234
E. Sistem Produksi Intensif: RAS dan Bioflok dalam Perbenihan	236
F. Nutrisi Masa Depan dan Manajemen Kesehatan Berbasis Mikrobioma	238
G. Dekopling Bahan Baku Pakan dari Sumber Laut	239
H. Ekonomi Sirkular dan Jejak Karbon dalam Operasional Hatchery	239
I. Valorisasi Limbah dan Pemulihan Nutrisi	239
J. Lanskap Industri Perbenihan di Indonesia	240
K. Perbenihan Ikan Masa Depan Masa Depan	241

TATA KELOLA PERBENIHAN IKAN

BAB 1

PENDAHULUAN

Pembangunan sektor perikanan budi daya di Indonesia telah memasuki fase transformasi fundamental yang berorientasi pada prinsip keberlanjutan dan daya saing global. Menuju target ambisius dalam peta jalan *Ocean Investment Summit* (OIS) 2026, tata kelola laut dan perikanan nasional ditegaskan melalui pilar keterbukaan sebagai penggerak utama dalam integrasi data dan inovasi teknologi. Dalam ekosistem akuakultur, perbenihan atau operasional hatchery menempati posisi hulu yang paling krusial karena kualitas output pada tahap ini menentukan efisiensi dan keberhasilan seluruh rantai pasok. Upaya memperkuat integrasi data, komunikasi publik, dan kolaborasi lintas sektor menjadi fondasi bagi Kementerian Kelautan dan Perikanan (KKP) untuk memastikan bahwa komitmen pembangunan tidak sekadar menjadi wacana, melainkan memberikan dampak nyata bagi masyarakat pembudidaya.

Pertumbuhan produksi perikanan budi daya nasional selama periode 2019–2024 menunjukkan tren peningkatan yang stabil, dengan rata-rata pertumbuhan tahunan mencapai 2,65 persen. Namun, fluktuasi yang terjadi akibat pandemi global (2020–2021) serta dinamika perubahan iklim memberikan pelajaran berharga mengenai pentingnya sistem perbenihan yang tangguh. Pada tahun 2020, terjadi lonjakan pertumbuhan produksi sebesar 9,44 persen yang didorong oleh kebijakan intensifikasi budi daya dan program revitalisasi tambak. Keberlanjutan tren positif ini sangat bergantung pada kemampuan sistem perbenihan dalam menyediakan benih unggul secara tepat waktu, tepat jumlah, dan tepat mutu. Hal ini menjadi semakin mendesak mengingat target produksi perikanan nasional diproyeksikan mencapai 25,84 juta ton pada tahun 2026.

Tantangan eksternal dalam tata kelola perbenihan ikan ke depan tidak dapat diabaikan. Fenomena El Niño yang diprediksi akan terus memberikan tekanan pada sektor perikanan hingga 2026 berpotensi melumpuhkan produktivitas laut dan darat jika tidak

direspons dengan mitigasi yang terukur. Fluktuasi suhu dan salinitas ekstrem dapat memicu gagal panen pada unit-unit perbenihan, yang kemudian bertransformasi menjadi kerugian finansial signifikan bagi nelayan kecil maupun industri skala besar. Oleh karena itu, manajemen lingkungan dan penerapan teknologi canggih seperti sistem *closed hatchery* yang terintegrasi dengan *Internet of Things* (IoT) menjadi komponen kritis bagi keberlanjutan sektor perikanan di masa depan.

Tata kelola perbenihan ikan yang efektif juga harus mampu menjawab persoalan ketimpangan ekonomi. Data menunjukkan bahwa meskipun terdapat peningkatan pendapatan pembudidaya dari Rp3.450.000 pada tahun 2020 menjadi target Rp3.700.000 pada tahun 2024, sektor ini masih didominasi oleh struktur usaha skala kecil dengan penggunaan teknologi yang tradisional. Transformasi struktur usaha dari skala mikro menuju kelembagaan yang lebih besar dan modern, seperti korporasi pembudidaya, mulai diinisiasi sejak 2023 untuk memperkuat daya tawar dan akses terhadap pembiayaan. Dengan demikian, pembahasan mengenai tata kelola perbenihan ikan ini mencakup dimensi teknis, manajerial, hingga kebijakan strategis yang saling berkelindan.

A. Proyeksi Pertumbuhan Produksi Perikanan Budi Daya Dunia dan Indonesia 2020–2030

Entitas	Produksi 2020 (Ribu Ton)	Proyeksi 2030 (Ribu Ton)	Persentase Kenaikan
Tiongkok	70.400	85.184	21%
India	8.600	10.922	27%
Indonesia	14.800*	18.648	26%
Vietnam	4.600	5.198	13%
Rata-rata Dunia	-	-	21%

*Catatan: Data volume produksi Indonesia tahun 2020 mencakup rumput laut 9,6 juta ton dan ikan 5,2 juta ton.

B. Definisi dan Tujuan Hatchery Ikan dalam Konteks Akuakultur Modern

Secara terminologis, hatchery ikan merupakan suatu bagian integral dari sistem biosekuriti berupa tempat atau bangunan yang difungsikan untuk proses pemijahan hingga menghasilkan benih yang siap tebar. Dalam literatur teknis perikanan, istilah hatchery sering diterjemahkan secara bebas sebagai unit perbenihan. Fungsinya mencakup seluruh rangkaian proses biologis dan teknis, mulai dari pengelolaan induk, proses perkawinan (pemijahan), penetasan telur, hingga pemeliharaan larva pada fase awal kehidupannya yang paling rentan. Konstruksi bangunan hatchery dapat bervariasi dari yang bersifat permanen, semi-permanen, hingga kolam tanah sederhana, tergantung pada skala usaha dan

teknologi yang diadopsi.

Organisasi pangan dan pertanian dunia (FAO) mendefinisikan akuakultur secara global sebagai usaha budi daya organisme air termasuk ikan, moluska, krustasea, dan tanaman air secara terkontrol yang bertujuan untuk meningkatkan produksi. Indonesia mengadopsi definisi ini melalui UU Perikanan No. 45/2009, di mana hatchery dipandang sebagai lingkungan terkontrol yang memisahkan perikanan budi daya dari perikanan tangkap. Frasa "lingkungan terkontrol" dalam definisi tersebut menegaskan peran hatchery sebagai entitas yang mampu memanipulasi parameter biotik dan abiotik untuk mengoptimalkan pertumbuhan dan kelangsungan hidup biota laut maupun tawar.

Tujuan strategis dari pengoperasian hatchery ikan tidak hanya terbatas pada kuantitas produksi, tetapi meluas pada aspek kualitas genetik dan kesehatan lingkungan. Secara lebih rinci, tujuan tersebut dapat diuraikan sebagai berikut:

1. **Menjamin Ketersediaan Benih Bermutu:** Hatchery bertujuan menyediakan benih yang memiliki laju pertumbuhan tinggi dan tingkat kematian yang rendah, yang merupakan jaminan bagi keberhasilan panen di tingkat pembesaran.
2. **Manipulasi Musim Pemijahan:** Melalui rekayasa lingkungan seperti pengaturan suhu dan manipulasi hormonal, hatchery mampu memproduksi benih sepanjang tahun, melampaui batasan musim pemijahan alami di alam liar.
3. **Penguatan Biosekuriti:** Sebagai unit yang tertutup, hatchery berfungsi mencegah masuknya patogen dari luar ke dalam sistem budi daya, sehingga mengurangi risiko wabah penyakit yang dapat melumpuhkan industri akuakultur.
4. **Pelestarian Plasma Nutfah dan Stok Alam:** Hatchery berperan dalam pemanfaatan dan pelestarian sumber daya genetik ikan (plasma nutfah), serta mendukung kegiatan pengayaan stok (*stock enhancement*) di perairan umum untuk menjaga keseimbangan ekosistem.

5. **Peningkatan Efisiensi Ekonomi:** Dengan sistem yang terintegrasi, seperti penggunaan teknologi IoT dan resirkulasi air, hatchery bertujuan menurunkan biaya operasional per unit benih dan meningkatkan margin keuntungan bagi para pembudidaya.

Dalam perkembangannya, sistem perbenihan ikan nasional diatur sebagai tatanan yang mengatur hubungan saling ketergantungan antara pemanfaatan sumber daya, produksi, peredaran calon induk, dan pengendalian mutu. Hal ini bertujuan untuk menjamin tersedianya induk unggul dan benih bermutu secara berkelanjutan, yang menjadi pilar utama dalam mendukung kebijakan ekonomi biru Indonesia Emas 2045.

C. Jenis-jenis Hatchery: Klasifikasi Berdasarkan Skala, Status, dan Fungsi

Dalam arsitektur perikanan budi daya Indonesia, unit perbenihan ikan diklasifikasikan ke dalam beberapa tipe berdasarkan modal, kapasitas produksi, teknologi yang digunakan, serta status kepemilikannya. Pembagian ini penting untuk memfasilitasi kebijakan pembinaan, pemberian subsidi, serta penerapan standar manajemen mutu yang sesuai dengan karakteristik masing-masing unit.

1. Hatchery Skala Rumah Tangga (HSRT) dan Unit Perbenihan Rakyat (UPR)

Hatchery Skala Rumah Tangga (HSRT) didefinisikan sebagai unit usaha kecil di mana biaya modal dan teknologi yang digunakan berada pada tingkat yang terjangkau oleh masyarakat umum. Fokus utama dari HSRT adalah pada fase pemeliharaan larva dan pendederan untuk menghasilkan benih. Salah satu keuntungan utama dari tipe ini adalah fleksibilitasnya dalam beradaptasi dengan berbagai spesies ikan, baik laut maupun tawar, sesuai dengan permintaan pasar lokal. Di Indonesia, modal usaha untuk konstruksi HSRT yang sederhana sekitar US\$ 2.851, yang menjadikannya pilihan populer bagi pemberdayaan ekonomi masyarakat pesisir dan

pedesaan.

Meskipun berskala kecil, HSRT memiliki keunggulan operasional yang signifikan, seperti efisiensi dalam penggunaan air dan lahan yang terbatas. Kelulushidupan (*survival rate*) benih pada HSRT sering kali cukup tinggi karena pengontrolan yang lebih intensif dan personal oleh pemilik usaha. Sebagian besar Unit Perbenihan Rakyat (UPR) termasuk dalam kategori ini, di mana mereka memproduksi ikan air tawar namun sering kali belum memiliki badan hukum yang formal. Pemerintah memberikan perhatian khusus pada pembinaan HSRT dan UPR agar mereka dapat menerapkan prinsip Cara Perbenihan Ikan yang Baik (CPIB) guna menjamin kualitas produk benih yang dihasilkan.

2. Hatchery Komersial dan Industri

Unit perbenihan skala besar atau industri biasanya dikelola oleh badan usaha swasta yang sudah berbadan hukum tetap. Hatchery komersial ini dicirikan oleh penggunaan teknologi intensif, kapasitas produksi yang sangat besar, dan orientasi pasar yang sering kali mencakup skala nasional hingga ekspor. Di Indonesia, hatchery komersial skala besar sangat dominan pada komoditas udang, sementara untuk ikan air tawar jumlahnya masih relatif terbatas. Unit-unit ini beroperasi dengan standar operasional prosedur (SOP) yang ketat, mulai dari pengelolaan *broodstock center* (pusat induk) hingga sistem pengemasan benih yang modern.

Transformasi industri sejak tahun 2023 mendorong pengembangan korporasi perikanan budi daya, yang mengonsolidasikan unit-unit perbenihan kecil ke dalam manajemen yang lebih profesional dan modern. Integrasi ini memungkinkan pencapaian efisiensi biaya produksi hingga 15–20% melalui pembelian sarana produksi secara kolektif dan akses yang lebih mudah terhadap pembiayaan besar. Hatchery komersial juga memimpin dalam adopsi digitalisasi rantai pasok dan teknologi biosekuriti canggih untuk memitigasi risiko kontaminasi lingkungan dan kegagalan panen.

3. Balai Benih Ikan (BBI) dan Unit Pelaksana Teknis Pemerintah

Balai Benih Ikan (BBI) merupakan sarana milik pemerintah yang memiliki tugas pokok dalam pengadaan benih sebar bermutu dan calon induk berkualitas bagi masyarakat. BBI berfungsi sebagai ujung tombak dalam penyebarluasan teknologi perbenihan hasil riset kepada pembudidaya rakyat. Secara hierarki, BBI diklasifikasikan menjadi dua tingkatan utama:

- a. **BBI Lokal:** Memiliki luas standar sekitar 2 hektar, fokus pada penerapan teknologi perbenihan skala wilayah dan penyediaan benih bermutu bagi pembudidaya lokal.
- b. **BBI Sentral:** Memiliki luas standar 5 hektar, berfungsi sebagai pusat uji terap teknologi baru dari lembaga penelitian, penyedia induk secara berkelanjutan, dan sarana pelatihan teknis bagi masyarakat.

Peran strategis BBI mencakup fungsi perintis bagi komoditas baru, sarana uji lapangan, tempat bimbingan teknis, serta instrumen pengendalian mutu benih melalui sertifikasi. Pada masa mendatang, pengembangan BBI diarahkan pada optimalisasi fungsi melalui analisis SWOT dan *Balanced Scorecard* (BSC) untuk memastikan setiap unit mampu mencapai target produksi secara efisien dan berkelanjutan. Perbaikan infrastruktur, seperti rehabilitasi saluran air dan digitalisasi manajemen produksi, menjadi fokus utama BBI menuju tahun 2026 guna menghadapi tantangan perubahan iklim dan ancaman penyakit ikan.

4. Perbandingan Karakteristik Jenis-jenis Hatchery Ikan

Karakteristik	HSRT/ UPR	Hatchery Komersial	Balai Benih Ikan (BBI)
Skala Modal	Rendah - Terjangkau	Tinggi - Besar	Anggaran Pemerintah
Tujuan Utama	Ekonomi Keluarga	Maksimalisasi Laba	Pelayanan Publik & Pembinaan
Teknologi	Sederhana - Adaptif	Modern - Intensif	Standar Nasional - Uji Terap
Luas Lahan	Terbatas	Luas - Terintegrasi	2 - 5 Hektar (Standar)
Legalitas	Seringkali Non-Badan Hukum	Berbadan Hukum (PT/CV)	Instansi Pemerintah (UPTD)
Fungsi Sosial	Penyerapan Tenaga Lokal	Kontribusi Devisa	Bimbingan Teknis & Pelatihan

a. Persyaratan Lokasi Hatchery yang Ideal: Fondasi Keberlanjutan Produksi

Penentuan lokasi merupakan langkah paling krusial dalam perencanaan pembangunan hatchery. Kesalahan dalam pemilihan lokasi dapat berakibat pada tingginya biaya operasional, kerentanan terhadap serangan penyakit, hingga kegagalan total usaha budi daya. Lokasi yang ideal harus memenuhi berbagai parameter teknis dan non-teknis yang saling terintegrasi untuk menjamin lingkungan produksi yang stabil dan terkontrol.

b. Sumber Air: Kualitas, Kuantitas, dan Kontinuitas

Air merupakan media hidup yang paling menentukan dalam proses perbenihan. Hatchery memerlukan pasokan air yang jernih, bebas dari pencemaran bahan berbahaya, memiliki pH netral, dan kandungan oksigen yang tinggi.

Sumber air dapat berasal dari sungai, danau, mata air, sumur artesis, atau sumur bor. Sumur bor sering kali dianggap sebagai pilihan terbaik karena air yang dihasilkan biasanya lebih stabil kualitasnya dan bebas dari polutan permukaan maupun patogen liar.

Untuk operasional hatchery, parameter kualitas air harus dipantau secara ketat. Kandungan oksigen terlarut (DO) yang dibutuhkan paling sedikit adalah 5 ppm, meskipun pada fase larva kebutuhan ini bisa lebih tinggi untuk mendukung metabolisme yang aktif. Suhu air yang optimum berkisar antara 25 – 30 °C untuk ikan air tawar dan tropis. Ketidakstabilan suhu dapat memicu stres pada larva, yang merupakan organisme dengan daya tahan tubuh yang masih sangat lemah.

Bagi hatchery ikan laut, pemilihan lokasi di tepi pantai harus memperhatikan kondisi perairan yang tidak berlumpur dan terlindung dari pengaruh angin musim serta gelombang besar. Hal ini penting untuk menjaga kestabilan salinitas (kadar garam) yang idealnya berkisar antara 28–33 ppt untuk sebagian besar komoditas laut seperti kerapu dan kakap. Selain itu, kecepatan arus air laut di sekitar titik pengambilan air sebaiknya antara 20–40 cm/detik guna memastikan sirkulasi oksigen dan nutrisi yang cukup bagi ekosistem perairan tersebut.

c. Aksesibilitas dan Infrastruktur Penunjang

Lokasi hatchery harus memenuhi kriteria ekonomi dan sosial agar operasional bisnis berjalan lancar. Aksesibilitas yang baik mencakup ketersediaan infrastruktur jalan yang memadai untuk memudahkan pengiriman induk, pakan, peralatan, serta distribusi benih ke pasar atau lokasi pendederan berikutnya. Kedekatan dengan penyedia bahan baku dan pusat bimbingan teknis pemerintah juga menjadi nilai tambah yang signifikan bagi efisiensi usaha.

Selain akses jalan, ketersediaan energi listrik yang stabil merupakan syarat mutlak. Hatchery modern sangat bergantung pada listrik untuk mengoperasikan aerator, blower, pompa air, hingga sistem pencahayaan tangki larva. Disarankan bagi unit perbenihan untuk tidak hanya mengandalkan listrik PLN, tetapi juga memiliki generator cadangan untuk mencegah kematian massal stok akibat mati lampu yang menghentikan suplai oksigen.

Dari sisi topografi, lokasi yang ideal adalah lahan dengan ketinggian tidak lebih dari 700 meter di atas permukaan laut (dpl) untuk jenis ikan tertentu, dengan kemiringan tanah berkisar antara 3%–5%. Kemiringan ini sangat membantu dalam sistem pengairan berbasis gravitasi, yang lebih efisien dibandingkan penggunaan pompa secara terus-menerus. Tanah di lokasi hatchery juga harus memiliki struktur yang kuat, tidak porus (mampu menahan air), dan tidak berbatu agar konstruksi kolam atau bangunan tetap kokoh dan tidak mudah bocor.

d. Keamanan Lingkungan: Bebas Polusi dan Biosekuriti

Lokasi hatchery harus terhindar dari segala bentuk kontaminasi lingkungan. Pencemaran dapat berasal dari limbah industri (logam berat seperti Pb, Hg, Cd), limbah rumah tangga (deterjen dan sampah organik), hingga limbah pertanian yang mengandung residu pestisida. Lokasi yang ideal harus berada jauh dari kawasan industri yang padat atau pemukiman yang memiliki sistem drainase buruk.

Selain bebas dari polusi kimia, lokasi hatchery harus terhindar dari risiko bencana alam, terutama banjir. Lokasi yang rawan banjir tidak hanya mengancam keamanan infrastruktur fisik, tetapi juga dapat menyebabkan lepasnya stok ikan ke perairan umum yang berpotensi merusak keseimbangan genetik spesies lokal atau menyebarkan penyakit. Dalam konteks biosekuriti, tata letak gedung dan fasilitas di dalam lokasi hatchery harus diatur sedemikian rupa sehingga terdapat pemisahan yang jelas antara area produksi, area karantina, dan area penyimpanan pakan

guna meminimalkan risiko kontaminasi silang.

e. Standar Kualitas Air Ideal untuk Operasional Hatchery

Parameter Kualitas Air	Satuan	Kisaran Optimum	Dampak Penyimpangan
Suhu	°C	25 –	Menghambat pertumbuhan / kematian larva
pH (Keasaman)	-	6,5 –	Stres fisiologis dan gangguan metabolisme
Oksigen Terlarut (DO)	ppm	>	Larva megap-megap dan kematian massal
Amoniak (NH_3)	ppm	<	Toksik bagi ikan, merusak jaringan insang
Kecerahan	meter	>	Indikasi polusi atau ledakan alga
Salinitas (Laut)	ppt	28 –	Gangguan osmoregulasi pada benih
Kandungan Logam Berat	ppm	<	Akumulasi racun dan cacat fisik

f. Dinamika Regulasi dan Manajemen Mutu

Pemerintah melalui Kementerian Kelautan dan Perikanan telah memperbarui kerangka regulasi perbenihan untuk menjawab tantangan industrialisasi akuakultur yang semakin kompleks. Terbitnya Peraturan Menteri Kelautan dan Perikanan Nomor 21 Tahun 2024 tentang Sistem Perbenihan Ikan Nasional menandai era baru dalam standarisasi mutu benih di Indonesia. Regulasi ini menggantikan aturan lama (Permen KP No. 35/2016) yang

dianggap sudah tidak relevan dengan kebutuhan hukum dan perkembangan teknologi terkini.

g. Sistem Perbenihan Ikan Nasional (Permen KP 21/2024)

Sistem Perbenihan Ikan Nasional didefinisikan sebagai tatanan yang mengatur hubungan saling ketergantungan antara pemanfaatan dan pelestarian plasma nutfah, produksi, peredaran calon induk, hingga kelembagaan perbenihan. Fokus utama dari regulasi ini adalah menjamin ketersediaan benih bermutu secara berkelanjutan guna mendukung program ekonomi biru. Beberapa poin krusial dalam Permen KP No. 21 Tahun 2024 meliputi:

- 1) **Penguatan Plasma Nutfah:** Mengatur pemanfaatan sumber daya genetik ikan secara bertanggung jawab agar keanekaragaman hayati tetap terjaga.
- 2) **Standardisasi CPIB:** Menetapkan kriteria ketat untuk penerapan Cara Perbenihan Ikan yang Baik sebagai syarat mutlak peredaran benih di pasar nasional maupun internasional.
- 3) **Organisasi Jejaring Perbenihan:** Membentuk sistem koordinasi antara produsen, peneliti, dan pemerintah untuk memastikan distribusi informasi dan benih berjalan efisien.
- 4) **Audit dan Sertifikasi:** Mempertegas alur penerbitan sertifikat jaminan mutu serta mekanisme pemantauan dan evaluasi bagi unit-unit perbenihan.

Implementasi regulasi ini didukung oleh kebijakan sertifikasi jaminan mutu yang komprehensif. Sertifikat CPIB kini menjadi instrumen utama bagi pelaku usaha untuk membuktikan bahwa proses produksi mereka memenuhi standar keamanan pangan, bebas dari penggunaan obat-obatan terlarang, serta ramah terhadap lingkungan. Bagi pembudidaya kecil, pemerintah memberikan kemudahan dalam proses pendaftaran melalui sistem informasi digital untuk mendorong formalisasi usaha.

h. Manajemen Mutu dan Biosekuriti dalam Operasional Hatchery

Manajemen mutu dalam hatchery berpusat pada penerapan prinsip biosekuriti yang ketat. Biosekuriti bukan hanya tentang pencegahan penyakit, tetapi mencakup seluruh rangkaian tindakan untuk meminimalkan risiko masuk dan menyebarnya agen patogen. Langkah-langkah praktis dalam manajemen biosekuriti hatchery meliputi:

- 1) **Penyaringan Air (Filtrasi):** Penggunaan bak pengendapan, saringan pasir, serta teknologi sterilisasi air (seperti UV atau Ozon) sebelum air masuk ke tangki pemeliharaan.
- 2) **Desinfeksi Fasilitas:** Penggunaan larutan kaporit atau iodine untuk mensterilkan wadah, peralatan, hingga lantai kerja secara rutin.
- 3) **Karantina Induk:** Setiap induk baru yang masuk harus melalui proses karantina untuk memastikan mereka tidak membawa penyakit yang dapat menular ke seluruh populasi hatchery.
- 4) **Manajemen Pakan Higienis:** Pakan alami (seperti rotifer atau artemia) harus dikultur dalam kondisi bersih, sementara pakan buatan harus terdaftar dan disimpan di tempat yang kering serta bebas hama.

Analisis terhadap unit perbenihan udang menunjukkan bahwa faktor keamanan pangan dan lingkungan memiliki pengaruh positif yang dominan terhadap kinerja usaha. Unit perbenihan yang secara konsisten menerapkan prinsip CPIB terbukti memiliki daya tawar yang lebih tinggi di pasar karena mampu melengkapi rekaman sebagai bukti ketertelusuran (*traceability*) produk mereka.

i. Tantangan Strategis dan Inovasi Masa Depan

Menyongsong Indonesia Emas , sektor perbenihan ikan di Indonesia dihadapkan pada tantangan global yang memerlukan respons inovatif. Masalah perubahan iklim, terutama fenomena El Niño yang memicu kenaikan suhu air laut dan kekhasan, menjadi ancaman nyata bagi produktivitas hatchery. Selain itu, penurunan daya beli dan eskalasi biaya produksi akibat inflasi bahan baku pakan menjadi beban tambahan bagi para pembudidaya.

j. Transformasi Digital dan Teknologi Hatchery

Inovasi teknologi menjadi kunci untuk mengatasi ketidakpastian lingkungan. Penggunaan sistem *closed hatchery* yang dilengkapi dengan sensor IoT memungkinkan pemantauan kualitas air secara *real-time*, sehingga tindakan korektif dapat dilakukan sebelum terjadi kematian massal benih. Digitalisasi juga merambah pada aspek manajemen produksi, di mana pencatatan histori penyakit, data populasi, dan proyeksi panen dilakukan melalui platform berbasis awan untuk memudahkan evaluasi manajerial.

Selain teknologi digital, riset genetika terus ditingkatkan untuk menghasilkan individu-individu baru yang memiliki ketahanan terhadap penyakit tertentu dan toleransi terhadap fluktuasi parameter lingkungan. Penguatan *broodstock center* nasional bertujuan untuk mengurangi ketergantungan pada induk alam dan memastikan bahwa benih yang sampai ke tangan pembudidaya memiliki performa pertumbuhan yang unggul.

k. Optimalisasi Ekonomi dan Saluran Pemasaran

Keberlanjutan usaha perbenihan juga ditentukan oleh efisiensi pemasaran. Hasil penelitian menunjukkan bahwa saluran pemasaran yang efisien, baik yang bersifat langsung maupun melalui pedagang perantara, harus memberikan margin keuntungan yang adil bagi produsen. Analisis efisiensi ekonomi menggunakan rasio R/C (>1) menjadi standar bagi BBI dan UPR untuk menilai kelayakan bisnis

mereka.

Strategi kemitraan antara unit perbenihan besar dengan pembudidaya kecil (HSRT/UPR) melalui model korporasi diharapkan dapat menciptakan stabilitas harga benih di tingkat nasional. Dengan penguatan kelembagaan ini, akses pembudidaya terhadap perbankan dan asuransi perikanan akan semakin terbuka, sehingga risiko finansial akibat gangguan iklim dapat dimitigasi secara kolektif.

1. Integrasi Tata Kelola Perbenihan Ikan Menuju Akuakultur Tangguh

Tata kelola perbenihan ikan nasional merupakan ekosistem kompleks yang memerlukan sinkronisasi antara aspek teknis, regulasi, dan keberlanjutan lingkungan. Menuju tahun 2026, hatchery ikan tidak lagi sekadar tempat penetasan, melainkan pusat inovasi yang menentukan masa depan ketahanan pangan akuatik Indonesia. Pemilihan lokasi yang ideal dengan memperhatikan kualitas air, aksesibilitas, dan biosekuriti merupakan fondasi teknis yang tidak dapat ditawar. Di sisi lain, penguatan kelembagaan melalui Balai Benih Ikan (BBI) dan korporasi pembudidaya memberikan kerangka manajerial bagi pertumbuhan ekonomi yang inklusif.

Dukungan regulasi melalui Peraturan Menteri Kelautan dan Perikanan Nomor 21 Tahun 2024 memberikan arah yang jelas bagi standardisasi mutu melalui sertifikasi CPIB. Tantangan perubahan iklim dan dinamika pasar harus dijawab dengan percepatan adopsi teknologi digital dan penguatan riset genetika. Dengan mengintegrasikan seluruh elemen tersebut, sektor perbenihan ikan Indonesia akan mampu mencapai target produksi 2026, memperkuat posisi bangsa sebagai pemimpin akuakultur dunia, dan mewujudkan visi ekonomi biru yang menyejahterakan masyarakat secara berkelanjutan.

Daftar Acuan

1. Menuju OIS 2026, KKP Tegaskan Keterbukaan sebagai Enabler Tata Kelola Laut Global, accessed April 10, 2026, <https://kkp.go.id/news/news-detail/menuju-ois-2026-kek-pegaskan-keterbukaan-sebagai-enabler-tata-kelola-laut-global-NY7p.html>
2. DIREKTORAT JENDERAL PERIKANAN BUDI DAYA ... - PPID KKP, accessed April 10, 2026, https://ppid.kkp.go.id/media/uploads/document_information_public/02._DRAFT_RENSTRAPB_2025-2029.pdf
3. Tantangan & Potensi Perikanan Di 2026 - enciety.co, accessed April 10, 2026, <https://enciety.co/tantangan-potensi-perikanan-menatap-potensi-di-2026/>
4. Menghadapi El Niño: Dampak, Tantangan, dan Strategi Ketahanan Sektor Perikanan Indonesia - PELAKITA.ID, accessed April 10, 2026, <https://pelakita.id/2026/04/07/menghadapi-el-nino-dampak-tantangan-dan-strategi-ketahanan-sektor-perikanan-indonesia/>
5. Penerapan Closed Hatchery Terintegrasi Internet of Things Di Pokdakan Sumber Mina Mandiri, Kabupaten Banyumas | MALLOMO: Journal of Community Service - Jurnal, accessed April 10, 2026, <https://jurnal.umsrappang.ac.id/mallomo/article/view/1703>
6. TAHUN 2025 - 2029 - PPID KKP, accessed April 10, 2026, https://ppid.kkp.go.id/media/uploads/document_information_public/RENTRAPPS_BELAWAN_2025.pdf
7. KEBIJAKAN PEMERINTAH DALAM PENERAPAN CBIB - PPID KKP, accessed April 10, 2026, https://ppid.kkp.go.id/media/uploads/document_information_public/Materi_1_Kebijakan_Pemerintah_dalam_Penerapan_CBIB_1.pdf
8. SAMUDRA AKUATIKA - Semantic Scholar, accessed April 10, 2026, <https://pdfs.semanticscholar.org/dde0/e472c39b51696358b57f9ecd57011740edb2.pdf>
9. Hatchery | PDF - Scribd, accessed April 10, 2026,

- <https://www.scribd.com/document/379300076/Hatchery>
10. PERATURAN MENTERI KELAUTAN DAN ... - Peraturan.go.id, accessed April 10, 2026, <https://peraturan.go.id/files/permenkkp-no-21-tahun-2024.pdf>
 11. (PDF) Perikanan Budidaya Berkelanjutan - ResearchGate, accessed April 10, 2026, https://www.researchgate.net/publication/348326350_Perikanan_Budidaya_Berkelanjutan
 12. Pedoman CPIB untuk Perbenihan Ikan | PDF - Scribd, accessed April 10, 2026, <https://id.scribd.com/document/821467105/29-CPIB>
 13. Teknologi HSRT, Inovasi Perbenihan Ikan untuk Skala Rakyat - Mongabay, accessed April 10, 2026, <https://mongabay.co.id/2020/05/19/teknologi-hsrt-inovasi-perbenihan-ikan-untuk-skala-rakyat/>
 14. ASPEK TEKNIK PENERAPAN CARA PERBENIHAN IKAN YANG BAIK (CPIB) PADA IKAN KERAPU TIKUS (*Cromileptes altivelis*) - E-Journal System Universitas Ibrahimy - Sukorejo Situbondo, accessed April 10, 2026, <https://journal.ibrahimy.ac.id/index.php/JSAPI/article/download/205/192>
 15. IKAN - PERBENIHAN- SISTEM 2024 PERMEN KP NO. 21, BN 2024 ..., accessed April 10, 2026, https://jdih.kkp.go.id/peraturan/-abstrak-permen-kp-21-2024_1761627987.pdf
 16. ANALISIS PENGEMBANGAN USAHA BENIH IKAN AIR TAWAR DALAM MENINGKATKAN PENDAPATAN - Journal Publicuho, accessed April 10, 2026, <https://journalpublicuho.uho.ac.id/index.php/journal/article/download/74/75/942>
 17. MODUL 1, accessed April 10, 2026, <https://repository.ut.ac.id/4540/1/LUHT4434-M1.pdf>
 18. Panduan Teknologi Hatcheri Ikan Laut Skala Kecil - library, accessed April 10, 2026, <https://library.enaca.org/Grouper/Publications/bahasa-grouper-hatchery-guide08.pdf>

19. Strategi Pengembangan Fungsi Balai Benih Ikan (BBI) Dalam ...,
accessed April 10, 2026,
<https://journal.arimbi.or.id/index.php/Lokawati/article/download/157/143/466>
20. PROSEDUR OPERASIONAL PERBENIHAN LELE (*Clarias spp.*),
accessed April 10, 2026,
<https://diskan.kamparkab.go.id/public/dokumen/cpib-sop.pdf>
21. Desain dan Manajemen Hatchery Ikan | PDF | Sains & Matematika - Scribd, accessed April 10, 2026,
<https://id.scribd.com/document/562931445/MANAJEMEN-HATCHERY-1-4-2022>
22. STRATEGI PENGEMBANGAN MANAJEMEN PRODUKSI IKAN NILA ..., accessed April 10, 2026, <https://ejournal-balitbang.kkp.go.id/index.php/salamata/article/viewFile/15722/9723>
23. Strategi Peningkatan Kinerja Balai Benih Ikan Dinas Kelautan dan Perikanan Kabupaten Sukabumi - Journal IPB, accessed April 10, 2026,
<https://journal.ipb.ac.id/jurnalmpi/article/view/17987/12109a>
24. Ketentuan Pemilihan Lokasi Budidaya Ikan | PDF - Scribd, accessed April 10, 2026,
<https://id.scribd.com/document/636955065/persyaratan-lokasi-budidaya>
25. Analisis Dampak Pemilihan Lokasi Terhadap Keberlanjutan Dan Efisiensi Pelabuhan Perikanan Berdasarkan Literatur Yang Ada, accessed April 10, 2026,
<https://sihojournal.com/index.php/peraut/article/view/896>
26. Teknik Budidaya Ikan - MODUL 1, accessed April 10, 2026,
<https://repository.ut.ac.id/4483/1/LUHT4338-M1.pdf>
27. Pembinaan Teknis untuk Persiapan Sertifikasi CPIB (Cara Perbenihan Ikan yang Baik) - DINAS PERIKANAN DAN KETAHANAN PANGAN KOTA DENPASAR, accessed April 10, 2026,
<https://www.perikanan.denpasarkota.go.id/berita/pembinaan-teknis-untuk-persiapan-sertifikasi-cpib-cara-perbenihan-ikan-yang-baik>

28. SERTIFIKASI MUTU - PPID KKP, accessed April 10, 2026, https://ppid.kkp.go.id/media/uploads/document_regulation/Handbook_Sertifikasi_Mutu_compressed.pdf
29. Peraturan Menteri Kelautan dan Perikanan Nomor 21 Tahun 2024 tentang Sistem Perbenihan Ikan Nasional, accessed April 10, 2026, <https://jdih.kkp.go.id/Homedev/DetailPeraturan/6694>
30. Cara Perbenihan Ikan yang Baik (CPIB), accessed April 10, 2026, <https://cpib.pasolusi.com/>
31. Penerapan Cara Perbenihan Ikan yang Baik dalam Meningkatkan Kinerja UMKM Perbenihan Udang di Kabupaten Barru, Provinsi Sulawesi - Journal IPB, accessed April 10, 2026, <https://journal.ipb.ac.id/index.php/jurnalmpi/article/download/17870/12102/0>
32. RENCANA STRATEGIS TAHUN 2020-2024 - PPID KKP, accessed April 10, 2026, https://ppid.kkp.go.id/media/uploads/document_information_public/Renstra_BRPBATPP_TA_2020_-_2024.pdf
33. EFISIENSI PEMASARAN BENIH IKAN AIR TAWAR DI DESA MARGACINTA KABUPATEN KONAWE SELATAN, accessed April 10, 2026, <https://ejournal.unperba.ac.id/index.php/pjeb/article/download/822/367>
34. Analisis Efisiensi Usaha Pembesaran Ikan Nila Di Desa Marga Sakti Kecamatan Padang Jaya Kabupaten Bengkulu Utara, accessed April 10, 2026, <https://ojs.unimal.ac.id/agrifo/article/view/12329/8959>

BAB 2

DESAIN KONSTRUKSI, TATA LETAK, DAN TATAKELOLA INFRASTRUKTUR PERBENIHAN IKAN



Gambar 2.1. Desain Konstruksi, Tata Letak dan Tatakelola Infrastruktur Perbenihan Ikan

Pengembangan sektor perikanan budidaya telah bergeser secara signifikan menuju arah industrialisasi yang mengedepankan efisiensi sumber daya dan keberlanjutan lingkungan. Dalam konteks ini, hatchery atau unit perbenihan memegang peran sentral sebagai pemasok benih berkualitas yang menjadi variabel penentu keberhasilan seluruh siklus budidaya. Pembangunan sebuah hatchery yang efektif tidak hanya memerlukan pemahaman biologis terhadap spesies yang dibudidayakan, tetapi juga memerlukan integrasi disiplin ilmu teknik konstruksi, hidrodinamika, dan manajemen risiko kesehatan lingkungan.³ Berdasarkan regulasi Kementerian Kelautan dan Perikanan (KKP) terbaru, standar kompetensi dan tata kelola unit perbenihan ditekankan pada penerapan Kerangka Kualifikasi Nasional Indonesia (KKNI) untuk komoditas strategis seperti nila, kerapu, dan udang, guna memastikan seluruh fasilitas memenuhi standar operasional yang ketat.

A. Prinsip Dasar Konstruksi dan Persyaratan Lokasi Hatchery

Konstruksi hatchery merupakan manifestasi fisik dari strategi produksi yang direncanakan. Hatchery dapat dibangun dengan struktur permanen, semipermanen, maupun sederhana, tergantung pada skala usaha dan teknologi yang diterapkan. Pemilihan lokasi merupakan langkah awal yang paling krusial karena kesalahan pada tahap ini akan berdampak pada biaya operasional jangka panjang yang tidak efisien. Lokasi yang ideal harus memiliki akses terhadap sumber air yang jernih, bebas dari kontaminasi bahan kimia berbahaya, dan memiliki stabilitas parameter kualitas air seperti pH netral serta kandungan oksigen tinggi.

Karakteristik tanah sangat mempengaruhi biaya konstruksi pondasi dan pematang. Tanah yang ideal harus memiliki kemampuan menahan air yang baik (tidak porus) dan cukup kuat untuk menopang beban air dalam volume besar. Penggunaan lahan dengan topografi yang sangat curam, seperti lahan berbentuk huruf V, harus dihindari karena memerlukan konstruksi pematang yang sangat tinggi dan kuat, yang secara ekonomi kurang efisien dan secara teknis berisiko tinggi terhadap kebocoran. Sebaliknya, kemiringan tanah yang ideal untuk hatchery adalah berkisar antara 3% hingga 5%, yang memungkinkan distribusi air antar wadah dilakukan secara gravitasi tanpa ketergantungan penuh pada pompa listrik

Parameter Konstruksi	Standar Teknis dan Ketentuan	Referensi
Ketinggian Lokasi	Maksimal 700 meter di atas permukaan laut (mdpl)	8
Kemiringan Lahan	3% - 5% untuk efisiensi aliran gravitasi	8
Struktur Pematang	Berbentuk trapesium dengan rasio lebar atas:bawah (1:2)	10
Elevasi Suplai Air	Minimal 1,5 meter lebih tinggi dari petak distribusi	6
Kebutuhan Debit Air	10 - 15 liter per detik (untuk skala tertentu)	8

Hatchery modern juga harus mempertimbangkan aspek ketahanan iklim (*climate resilience*) dalam desain bangunannya. Fasilitas harus terlindungi dari risiko banjir rob di kawasan pesisir atau perubahan suhu ekstrem melalui penggunaan atap pelindung yang mampu menjaga stabilitas suhu media pemeliharaan. Pada hatchery ikan laut skala kecil, penutupan bangunan bertujuan untuk mengurangi variasi suhu harian yang dapat mengganggu metabolisme larva.

B. Tata Letak (Layout) Hatchery Berbasis Alur Produksi dan Biosekuriti

Pengaturan tata letak atau *layout* hatchery bukan sekadar penempatan fisik wadah, melainkan sebuah desain strategi operasional yang bertujuan untuk mencegah penyebaran patogen dan mengoptimalkan efisiensi alur kerja. Prinsip dasar yang digunakan adalah pemisahan antara zona bersih dan zona kotor, serta pengaturan alur produksi yang searah untuk menghindari kontaminasi silang.

1. Zonasi dan Fasilitas Hatchery

Fasilitas dalam hatchery dibagi menjadi sarana pokok, sarana penunjang, dan sarana pelengkap. Sarana pokok meliputi kolam atau bak induk, bak pemijahan, bak penetasan, dan bak pendederan. Sarana ini harus dikelompokkan dalam satu wilayah yang terisolasi dari bangunan penunjang seperti ruang generator atau mesin, karena getaran mesin dapat mengganggu stabilitas telur dan larva. Fasilitas penunjang seperti gudang pakan, laboratorium, dan ruang pengepakan harus diletakkan pada posisi yang strategis untuk memudahkan akses namun tetap mematuhi protokol biosekuriti.

Biosekuriti didefinisikan sebagai upaya perlindungan sistem budidaya dari kontaminasi patogen melalui tindakan fisik, kimiawi, dan biologi. Implementasi biosekuriti dalam tata letak hatchery meliputi:

- a. **Peta Biosekuriti:** Pembuatan peta yang melabeli titik masuk tunggal, pagar keliling, area produksi, hingga area pembuangan limbah untuk membatasi pergerakan personel

dan peralatan.

- b. **Stasiun Desinfeksi:** Penempatan bak cuci kaki (*foot bath*) dan stasiun pencucian tangan di setiap pintu masuk unit produksi.
- c. **Karantina dan Isolasi:** Penempatan unit karantina di area yang terpisah dari unit produksi utama untuk menginspeksi kesehatan induk yang baru datang selama 7 hingga 14 hari.
- d. **Manajemen Efluen:** Penempatan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) di area paling rendah sebelum air dibuang ke lingkungan untuk memastikan tidak ada patogen yang keluar dari sistem.

Kategori Fasilitas	Jenis Bangunan/Wadah	Fungsi Strategis
Fasilitas Pokok	Bak Induk, Bak Pemijahan, Bak Penetasan	Inti proses biologis produksi benih
Fasilitas Fungsional	Gudang Pakan, Lab, Ruang Pengepakan	Pendukung operasional harian
Fasilitas Penunjang	Mess Karyawan, Toilet, Kantor	Kesejahteraan dan administrasi
Fasilitas Keamanan	Pagar, Pos Jaga, Bak Karantina	Proteksi aset dan biosekuriti

2. Alur Kerja Operasional

Tata letak harus dirancang sedemikian rupa sehingga posisi bak induk berada berdekatan dengan bak pemijahan untuk mengurangi stres saat pemindahan. Demikian pula, area pengepakan benih harus berdekatan dengan kolam pendederan untuk mempercepat proses distribusi. Penggunaan teknologi pemantauan berbasis *Internet of Things* (IoT) kini menjadi bagian dari tata letak modern, di mana sensor parameter air dipasang

secara permanen di setiap bak dan datanya dikirimkan ke ruang kontrol pusat, sehingga mengurangi kebutuhan personel untuk sering memasuki area sensitif.

C. Spesifikasi dan Desain Wadah Pemeliharaan

Desain wadah pemeliharaan harus menyesuaikan dengan sifat biologis spesifik dari setiap spesies ikan, terutama pada fase kritis seperti pemijahan dan masa larva. Material yang umum digunakan meliputi beton, fiberglass, plastik, atau terpal.

1. Bak Pemeliharaan Induk

Bak induk digunakan untuk memelihara calon induk atau induk yang sedang dalam proses pematangan gonad. Wadah ini bisa berbentuk persegi atau bulat, dengan kecenderungan menggunakan bentuk bulat untuk ikan-ikan laut yang merupakan perenang cepat agar terhindar dari benturan pada sudut bak. Pada unit perbenihan skala lokal (2 hektar), standar kolam induk terdiri dari unit-unit berukuran 250 m² dan 100 m². Untuk ikan lele, kapasitas bak induk biasanya berkisar antara 5 hingga 8 ekor per bak dengan material beton atau fiber. Kedalaman air dipertahankan pada kisaran yang stabil untuk menjaga suhu, seringkali menggunakan penutup atau atap untuk menghindari stres cahaya.

2. Bak Pemijahan

Bak pemijahan adalah tempat bertemunya induk jantan dan betina untuk proses reproduksi. Desainnya sangat bervariasi tergantung pada kebiasaan memijah ikan:

- a. **Ikan Gurame:** Membutuhkan kedalaman air 0,7-1 meter dengan air yang tenang dan jernih. Diperlukan substrat sarang (sosok) yang dipasang 5-10 cm di bawah permukaan air.
- b. **Ikan Nila:** Memijah dengan membuat lekukan di dasar, sehingga wadah dapat berupa bak, kolam, atau hapa dengan ketinggian air 0,5-1 meter.
- c. **Ikan Mas dan Lele:** Memerlukan substrat berupa kakaban yang ditata rapi 5-10 cm di bawah permukaan air.

- d. **Ikan Bawal:** Membutuhkan air mengalir karena sifat telurnya yang tidak menempel, sehingga desain bak harus mendukung sirkulasi air yang konstan agar telur tetap melayang.

Ukuran standar bak pemijahan sistem hapa biasanya adalah $3 \times 5 \times 1$ meter. Konstruksi beton berukuran $8 \times 2,4 \times 0,85$ meter sering digunakan untuk pemijahan massal ikan mas.

3. Bak Penetasan Telur

Bak penetasan harus menyediakan lingkungan yang optimal bagi inkubasi telur hingga menetas menjadi larva. Pada spesies yang telurnya harus tetap bergerak, seperti nila dan bawal, digunakan sistem corong (*funnel*) yang terbuat dari plastik atau fiberglass. Dimensi bak penetasan sistem corong umumnya $1,5 \times 3 \times 1$ meter, di mana setiap bak dilengkapi dengan sekitar 8 kran pengatur aliran. Telur yang menempel, seperti lele, ditetaskan pada bak beton atau fiber yang dangkal untuk memudahkan pengontrolan.

4. Bak Pendederan

Pendederan adalah tahap pemeliharaan benih dari larva hingga mencapai ukuran tertentu. Pendederan dibagi menjadi beberapa tahap (Pendederan I, II, dan III) untuk menjaga kepadatan yang optimal. Wadah pendederan dapat berupa kolam tanah atau bak semen dengan ukuran 200 hingga 500 m² tergantung pada target produksi. Larva berukuran kurang dari 1 cm biasanya ditebar dengan kepadatan hingga 1.000 ekor/m³. Efisiensi ruang dalam pendederan sangat bergantung pada kemampuan sistem pendukung kehidupan untuk menangani beban metabolik dari padat tebar tinggi.

Komoditas	Stadia	Padat Tebar / Volume	Material Wadah
Lele	Larva	25 ekor / liter air	Fiber Plastik /
Nilu	Pendederan	5.000 ekor / m ³ (Sistem RAS)	Beton Terpal /
Kakap Putih	Pendederan	3.000 ekor / m ³ (Sistem RAS)	Beton Epoxy
Udang Vaname	Post Larva	30 - 50% penggantian air	Beton Bulat

D. Sistem Suplai dan Filtrasi Air

Ketersediaan air yang berkualitas secara kontinu adalah prasyarat mutlak operasional hatchery. Sistem pengairan terdiri dari sumber air (sungai atau sumur bor), pompa, pipa distribusi, dan unit penyaringan.

1. Mekanisme Suplai dan Distribusi

Instalasi air harus didesain untuk mencegah kontaminasi dari lingkungan luar. Air dipompa menuju bak penampung atau tandon yang diletakkan pada elevasi lebih tinggi untuk memudahkan distribusi secara gravitasi ke seluruh unit hatchery. Pipa pemasukan (*inlet*) biasanya berukuran 1 inci, sementara pipa pengeluaran (*outlet*) berukuran 2 inci untuk memastikan proses pengurasan atau pemanenan berjalan cepat. Dasar bak pemeliharaan harus dibuat miring sebesar 3,4% ke arah saluran pengeluaran untuk memudahkan pembuangan kotoran dan endapan.

2. Teknologi Filtrasi dan Pengolahan Air

Proses filtrasi bertujuan untuk meningkatkan kualitas air baku menjadi air media yang layak bagi larva sensitif. Sistem filtrasi tradisional menggunakan filter mekanik dengan susunan media dari atas ke bawah: pasir, batu apung, ijuk, dan arang kayu. Hatchery modern yang lebih canggih menerapkan

filtrasi bertahap:

- a. **Filter Mekanis:** Menghilangkan padatan tersuspensi menggunakan saringan pasir atau *drum filter*.
- b. **Filter Biologis (Biofilter):** Komponen utama untuk mengurai amonia hasil ekskresi ikan menggunakan bakteri nitrifikasi yang tumbuh pada media seperti bioball atau batu apung.
- c. **Sterilisasi UV dan Ozon:** Menggunakan lampu Ultra Violet atau generator ozon untuk membunuh bakteri patogen dan virus sebelum air masuk ke bak larva.

3. **Recirculating Aquaculture System (RAS)**

RAS adalah puncak dari teknologi filtrasi modern di mana 70-100% air digunakan kembali setelah melalui proses pemurnian intensif. Dalam sistem ini, air limbah dari bak budidaya dialirkan ke filter fisik untuk membuang feses, kemudian ke biofilter untuk menetralsisir amonia, lalu melewati unit pengontrol suhu dan oksigen sebelum dikembalikan ke sistem. Penggunaan RAS terbukti meningkatkan kelangsungan hidup ikan nila hingga 90% dan memungkinkan budidaya sepanjang tahun meskipun pada musim kemarau saat pasokan air terbatas.

Komponen Filtrasi	Material / Media	Fungsi Utama
Filter Mekanik	Pasir, Dakron, Kapas	Menahan partikel padat dan lumpur
Biofilter	Bioball, Batu Apung	Konversi Amonia menjadi Nitrat
Filter Kimia	Zeolit, Arang Kayu	Adsorpsi bau dan logam berat
Disinfektan	Lampu UV, Kaporit	Eradikasi mikroorganisme patogen

4. Sistem Aerasi dan Manajemen Gas Terlarut

Oksigen terlarut (*Dissolved Oxygen*) adalah faktor pembatas utama dalam budidaya intensif. Sistem aerasi berfungsi untuk mentransfer oksigen dari udara ke dalam air, menjaga sirkulasi, serta membantu pelepasan gas beracun seperti karbon dioksida (CO₂) dan gas amonia yang terjebak di dasar bak.

a. Dinamika Transfer Oksigen

Proses aerasi bekerja berdasarkan prinsip kontak antara udara dan air. Semakin luas permukaan kontak dan semakin lama waktu kontak, semakin tinggi jumlah oksigen yang dapat terlarut. Kebutuhan oksigen dalam kolam meningkat seiring dengan peningkatan biomassa ikan dan jumlah pakan yang diberikan. Secara teknis, setiap 1 kg pakan yang dikonsumsi ikan membutuhkan pasokan oksigen sekitar 1,0 hingga 1,1 kg O₂ untuk proses metabolisme dan dekomposisi limbah.

b. Inovasi Teknologi Aerasi: Microbubble dan Venturi

Hatchery modern mulai meninggalkan aerasi gelembung kasar konvensional dan beralih ke teknologi *microbubble venturi*. Gelembung mikro memiliki luas permukaan yang sangat besar dan gaya apung yang rendah, sehingga gelembung tersebut bertahan lebih lama di dalam kolom air, memberikan efisiensi transfer oksigen yang jauh lebih tinggi.

- 1) **Keunggulan:** Meningkatkan DO dari 2-3 mg/L menjadi 5-6 mg/L dalam waktu singkat.
- 2) **Dampak Biologis:** Menurunkan *Feed Conversion Ratio* (FCR) dari 1.8 menjadi 1.4, karena metabolisme ikan menjadi lebih optimal dalam kondisi kaya oksigen.
- 3) **Efisiensi:** Konsumsi daya sistem *microbubble* dapat dikontrol dengan *setpoint* tertentu, bahkan mencapai penghematan energi hingga 99,5% pada sistem otomatis.

c. Perhitungan Kebutuhan dan Efisiensi Aerator

Untuk memastikan efisiensi biaya listrik, manajer hatchery harus melakukan perhitungan kapasitas transfer oksigen. Parameter yang digunakan adalah *Oxygen Transfer Rate* (OTR) dan *Standard Oxygen Transfer Rate* (SOTR).

Persamaan dasar OTR dihitung sebagai berikut:

$$OTR = SOTR \times \left(\frac{C_p - C_s}{9,09} \right) \times 1,024^{T-20} \times \alpha$$

30

Di mana:

- 1) *SOTR* : Standar tingkat transfer oksigen (mgO_2/jam)
- 2) C_p : Konsentrasi oksigen jenuh pada suhu tertentu
- 3) C_s : Nilai salinitas dalam kolam
- 4) T : Suhu operasional
- 5) α : Koefisien koreksi untuk air kolam dibandingkan air murni

Efisiensi energi sistem aerasi (mgO_2/kWh)
dihitung untuk membandingkan berbagai jenis alat:

$$EfisiensiEnergi = \frac{\Delta DO \times V}{E}$$

Di mana ΔDO adalah peningkatan kadar oksigen,
 V adalah volume air, dan E adalah total konsumsi energi dalam kilowatt-jam. Penelitian menunjukkan aerator diffuser lebih unggul dalam memanfaatkan daya listrik dibandingkan pompa sirkulasi untuk meningkatkan kadar oksigen di kolam.

5. Digitalisasi dan Automasi dalam Perbenihan Ikan

Integrasi teknologi informasi ke dalam infrastruktur fisik hatchery merupakan tren paling signifikan dalam periode 2020-2026. *Smart Water Conditioning System* (SMARCOS) dan sistem monitoring berbasis IoT memungkinkan pengelolaan hatchery dilakukan secara presisi dan otomatis. Sensor pH, DO, suhu, dan *Total Dissolved Solids* (TDS) yang terhubung ke jaringan internet memungkinkan operator memantau kondisi seluruh bak melalui smartphone secara *real-time*.

Automasi ini juga mencakup sistem aerasi dan filtrasi. Misalnya, sistem aerasi dapat menyala secara otomatis hanya ketika kadar DO turun di bawah batas aman (misalnya 4 mg/L), sehingga mengurangi pemborosan listrik yang tidak perlu. Pada sistem RAS, IoT membantu mengawasi kinerja filter biologis dan mendeteksi adanya penurunan debit aliran yang menandakan perlunya proses *backwash* atau pembersihan media.

6. Implikasi Strategis

Pembangunan hatchery perikanan modern menuntut pendekatan yang holistik, mengaburkan batas antara teknik sipil, biologi, dan teknologi informasi. Konstruksi wadah yang didesain secara spesifik untuk kebutuhan biologi tiap fase hidup ikan, didukung oleh tata letak yang memitigasi risiko biosekuriti, merupakan fondasi utama bagi kemandirian produksi benih. Implementasi sistem resirkulasi (RAS) dan filtrasi bertahap memberikan solusi atas keterbatasan air dan lahan, sekaligus menjaga kualitas lingkungan dari cemaran limbah budidaya.

Manajemen oksigen melalui teknologi *microbubble* dan perhitungan efisiensi energi yang akurat memastikan operasional hatchery tetap kompetitif secara ekonomi tanpa mengorbankan kesejahteraan biota. Akhirnya, adopsi IoT dan automasi bukan lagi merupakan opsi mewah, melainkan kebutuhan standar untuk menjamin presisi manajemen kualitas air dan deteksi dini penyakit. Dengan menyinergikan seluruh komponen fisik, teknis, dan digital ini, hatchery perikanan

dapat bertransformasi menjadi unit produksi yang tangguh, efisien, dan mampu menopang target peningkatan produksi perikanan budidaya nasional secara berkelanjutan.

Daftar Acuan

1. Petunjuk Teknis Balai Benih Ikan | PDF - Scribd, accessed April 10, 2026, <https://id.scribd.com/document/681472762/DIREKTORAT-JENDERAL-PERIKANAN-BUDIDAYA-D>
2. Penerapan Biosecurity dalam Akuakultur | PDF - Scribd, accessed April 10, 2026, <https://id.scribd.com/presentation/408182647/Penerapan-Biosecurity-Pada-Perikanan-Budidaya>
3. Desain dan Manajemen Hatchery Ikan | PDF | Sains & Matematika - Scribd, accessed April 10, 2026, <https://id.scribd.com/document/562931445/MANAJEMEN-HATCHERY-1-4-2022>
4. Fisheries Design Center, accessed April 10, 2026, <https://fisheries.org/wp-content/uploads/sites/33/2020/09/HDR-Fisheries-Design-Center.pdf>
5. JDIH Kementerian Kelautan dan Perikanan, accessed April 10, 2026, <https://jdih.kkp.go.id/Peraturannew/PeraturanTema/0908000000>
6. Hatchery | PDF - Scribd, accessed April 10, 2026, <https://www.scribd.com/document/379300076/Hatchery>
7. BMP Budidaya Udang Vannamei REV 4.cdr - WWF Indonesia, accessed April 10, 2026, http://awsassets.wwf.or.id/downloads/bmp_budidaya_udang_vannamei.pdf
8. MODUL 1, accessed April 10, 2026, <https://repository.ut.ac.id/4540/1/LUHT4434-M1.pdf>
9. Desain Wadah Perbenihan Ikan Optimal | PDF - Scribd, accessed April 10, 2026, <https://id.scribd.com/document/540210360/Kd-1-Desain-Dan-Tata-Letak-Wadah-Perbenihan>
10. Desain Wadah Pendederan Ikan | PDF - Scribd, accessed April 10, 2026, <https://id.scribd.com/document/671564895/desain-wadah-pendederan>
11. Design of Hatchery and Operational Plan - National Fisheries

- Authority, accessed April 10, 2026, <https://www.fisheries.gov.jm/portfolio/design-of-hatchery-and-operational-plan/>
12. Panduan Teknologi Hatcheri Ikan Laut Skala Kecil - library, accessed April 10, 2026, <https://library.enaca.org/Grouper/Publications/bahasa-grouper-hatchery-guide08.pdf>
 13. Desain dan Konstruksi Hatchery Ikan | PDF | Griya & Taman - Scribd, accessed April 10, 2026, <https://fr.scribd.com/document/448464184/TUGAS-3-PAK-AGUS>
 14. Evaluasi Tata Letak Hatchery dan Biosecurity | PDF | Kesehatan Holistik - Scribd, accessed April 10, 2026, <https://id.scribd.com/document/598220700/LAPORAN-PRAKTIK-LAYOUT-hatchery>
 15. Step 3: Biosecurity Plan Template for Land-Based Farms and Hatcheries, accessed April 10, 2026, <https://www.cfsph.iastate.edu/Assets/step3-biosecurity-plan-template-aquaculture.pdf>
 16. Penerapan Closed Hatchery Terintegrasi Internet of Things Di Pokdakan Sumber Mina Mandiri, Kabupaten Banyumas - Jurnal, accessed April 10, 2026, <https://jurnal.umsrappang.ac.id/mallomo/article/download/1703/1138/>
 17. Implementasi SMARCOS: Smart Water Conditioning System Berbasis Web-IoT di Balai Benih Ikan Kecamatan Mijen Semarang - Journal of Community Development, accessed April 10, 2026, <https://comdev.pubmedia.id/index.php/comdev/article/download/1459/251>
 18. Merancang Desain Dan Tata Letak Perbenihan Ikan | PDF - Scribd, accessed April 10, 2026, <https://id.scribd.com/presentation/631150618/1-Merancang-Desain-Dan-Tata-Letak-Perbenihan-Ikan-3>
 19. (PDF) Studi Komparasi Hasil Pemijahan Induk Ikan Mas (Cyprinus ... , accessed April 10, 2026, https://www.researchgate.net/publication/366392582_Studi_Ko

- mparasi_Hasil_Pemijahan_Induk_Ikan_Mas_Cyprinus_carpio_M
 enggunakan_Metode_Alami_Semi_Buatan_dan_Buatan
20. PETUNJUK TEKNIS PENDEDERAN IKAN NILA *Oreochromis sp.* DALAM MEDIA SALIN - UPTD BBI Pangkalpinang, accessed April 10, 2026, https://upt-bbi.pangkalpinangkota.go.id/wp-content/uploads/2023/07/5_6246752794972262344.pdf
 21. Recirculating Aquaculture Systems (RAS): Seberapa Pentingkah untuk Meningkatkan Jumlah Produksi? - De Heus Indonesia, accessed April 10, 2026, <https://www.deheus.id/cari/berita-dan-artikel/recirculating-aquaculture-systems-ras-seberapa-pentingkah-untuk-meningkatkan-jumlah-produksi>
 22. TEKNIK PERBENIHAN PADA UDANG VANAME (*Litopenaeus vannamei*) DI BALAI PERIKANAN BUDIDAYA AIR PAYAU (BPBAP) SITUBONDO, JAWA TIMUR P - Universitas Brawijaya, accessed April 10, 2026, <https://repository.ub.ac.id/135572/1/PKM.pdf>
 23. SISTEM HATCHERY TERTUTUP DENGAN TEKNOLOGI RECIRCULATING AQUACULTURE SYSTEM (RAS) untuk ikan Bandeng (*Chanos chanos*) - Tuxedovation, accessed April 10, 2026, https://tuxedovation.inovasi.litbang.kemendagri.go.id/detail_inovasi/146790
 24. PENERAPAN TEKNOLOGI RECIRCULATING ... - Journal UNRAM, accessed April 10, 2026, <https://journal.unram.ac.id/index.php/jppi/article/download/128/66>
 25. ANALISIS TINGKAT KADAR OKSIGEN TERLARUT PADA KOLAM BUDIDAYA MENGGUNAKAN AERATOR VENTURI - Portal E-Journal Politeknik Bosowa Makassar, accessed April 10, 2026, <https://journal.politeknikbosowa.ac.id/TMT/article/view/650/367>
 26. Jurnal Pepadu - Universitas Mataram, accessed April 10, 2026, <https://journal.unram.ac.id/index.php/pepadu/en/article/download/8584/4715/33111>
 27. efisiensi daya listrik dan kondisi oksigen terlarut pada pemeliharaan postlarva udang vaname - JURNAL ILMIAH

- KELAUTAN DAN PERIKANAN, accessed April 10, 2026, <https://ejournal-balitbang.kkp.go.id/index.php/jkn/article/download/6155/5232>
28. Paddlewheel vs Aspirator vs Diffuser: Aerator Paling Hemat Listrik - Beta Pramesti Asia, accessed April 10, 2026, <https://beta.co.id/blog/oksigen-jadi-biaya-paddlewheel-aspirator-atau-diffuser-untuk-kolam-grow-out-besar>
 29. Sistem Aerasi dengan Pengendalian PID untuk Optimasi Kadar Oksigen Terlarut pada Kolam Ikan | Fuse-teknik Elektro - Journal Uniga - Universitas Garut, accessed April 10, 2026, <https://journal.uniga.ac.id/index.php/JFT/article/view/42993>
 30. ESTIMASI DAYA LISTRIK UNTUK PRODUKSI OKSIGEN OLEH ..., accessed April 10, 2026, <https://ejournal.undip.ac.id/index.php/saintek/article/download/35669/21186>
 31. Perbandingan Efisiensi Energi Sistem Aerasi Dan Sirkulasi Air Pada Budidaya Skala Kecil Dengan Kondisi Oksigen Terlarut Awal Berbeda - ResearchGate, accessed April 10, 2026, https://www.researchgate.net/publication/396334779_Perbandingan_Efisiensi_Energi_Sistem_Aerasi_Dan_Sirkulasi_Air_Pada_Budidaya_Skala_Kecil_Dengan_Kondisi_Oksigen_Terlarut_Awal_Berbeda
 32. Pengembangan Teknologi IoT Sebagai Pemantau Kualitas Air Budidaya Ikan di Desa Lubuk Kasih, Berandan barat, Kabupaten Langkat, S - Universitas Sumatera Utara, accessed April 10, 2026, <https://talentaconfseries.usu.ac.id/lwsa/article/download/2453/2035>

BAB 3 TATA KELOLA INDUK DALAM PERBENIHAN IKAN



Gambar 3.1. Infografis Tata Kelola Induk dalam Perbenihan Ikan

Pertumbuhan populasi global yang pesat telah memicu peningkatan permintaan terhadap sumber protein hewani, di mana sektor akuakultur kini menjadi tumpuan utama menggantikan ketergantungan pada hasil tangkapan alam yang cenderung stagnan dan tidak stabil. Dalam ekosistem produksi perikanan budidaya, ketersediaan benih yang berkualitas, seragam, dan berkelanjutan merupakan pilar fundamental yang menentukan keberhasilan usaha dari hulu hingga hilir. Kualitas benih ini secara mutlak ditentukan oleh performa biologis dan genetik dari induk yang dikelola dalam fasilitas perbenihan. Manajemen induk (*broodstock management*) modern bukan lagi sekadar upaya pemeliharaan ikan dewasa untuk pemijahan, melainkan sebuah disiplin ilmu yang mengintegrasikan pemahaman mendalam tentang fisiologi reproduksi, kebutuhan nutrisi spesifik, kontrol biosekuriti yang ketat, serta aplikasi bioteknologi untuk memanipulasi siklus hidup organisme akuatik.

A. Paradigma Baru Manajemen Induk dalam Akuakultur Berkelanjutan

Memasuki dekade 2020-an, paradigma manajemen induk telah bergeser menuju pendekatan yang lebih presisi dan berbasis teknologi informasi. Salah satu inisiatif strategis yang dikembangkan di Indonesia adalah konsep *Smart Fisheries Village* (SFV), yang menyinergikan hasil riset dan teknologi dengan penguatan kapasitas sumber daya manusia di tingkat pembudidaya. Program ini menekankan pentingnya integrasi sistem produksi dari hulu ke hilir, di mana Balai Riset Pemuliaan Ikan (BRPI) berperan sebagai inti yang mendiseminasi teknologi manajemen induk unggul kepada kelompok pembudidaya sebagai plasma. Pendekatan ini memastikan bahwa kemajuan teknologi dalam hal manajemen stres, optimalisasi kualitas air, dan pemilihan galur murni dapat diimplementasikan secara luas untuk menjaga keberlanjutan industri.

Keberhasilan akuakultur sangat bergantung pada kemampuan praktisi dalam mengelola stres pada induk. Ikan yang mengalami stres lingkungan, baik akibat fluktuasi parameter kualitas air maupun penanganan (*handling*) yang kasar, akan merespons melalui sistem hormonal (aksis HPI) yang melepaskan kortisol ke dalam darah. Peningkatan kadar kortisol ini berdampak sistemik terhadap perubahan metabolisme, penurunan efisiensi penyerapan nutrisi, hingga hambatan pada proses vitelogenesis dalam ovarium.¹ Oleh karena itu, manajemen pemeliharaan yang baik mencakup kontrol kualitas air secara fisika dan kimia, pengendalian patogen, serta penggunaan kepadatan penebaran yang sesuai untuk menghindari kompetisi ruang dan oksigen yang berlebihan.

B. Mitigasi Dampak Perubahan Iklim terhadap Performa Induk

Tantangan kontemporer dalam manajemen induk adalah variabilitas iklim yang memengaruhi parameter kualitas air esensial seperti suhu, oksigen terlarut (DO), dan pH. Perubahan suhu yang ekstrem dapat mengganggu ritme sirkadian dan siklus reproduksi musiman pada banyak spesies ikan. Penggunaan

teknologi seperti *Recirculating Aquaculture Systems* (RAS) menjadi solusi integratif yang menawarkan lingkungan yang lebih stabil dan terkendali. RAS memungkinkan pemulihan kualitas air secara kontinu, meminimalkan akumulasi amonia, dan memungkinkan pengaturan suhu yang presisi untuk merangsang proses maturasi gonad di luar musim pemijahan alami. Selain RAS, teknologi bioflok juga mulai diadopsi dalam pemeliharaan induk karena kemampuannya menjaga stabilitas air sekaligus menyediakan nutrisi tambahan berupa protein sel tunggal dari mikroorganisme yang dapat meningkatkan sistem imun induk.

C. Seleksi Induk Unggul: Kriteria Fisik, Umur, dan Integritas Genetik

Tahap awal yang paling krusial dalam siklus perbenihan adalah seleksi calon induk. Tujuan utama dari proses ini adalah untuk memastikan bahwa sifat-sifat unggul dari tetua dapat diwariskan kepada keturunannya, sekaligus mencegah terjadinya *inbreeding depression* yang seringkali menyebabkan penurunan laju pertumbuhan dan peningkatan abnormalitas larva. Seleksi dilakukan dengan mengacu pada standar kualitas yang ketat, baik secara morfologis maupun genetik.

D. Kriteria Fisik dan Fenotipik Calon Induk

Seleksi fenotipik tetap menjadi metode yang paling praktis dan efektif di tingkat lapangan. Induk yang dipilih harus menunjukkan ciri-ciri fisik yang prima, tidak cacat, memiliki gerakan yang lincah, dan warna yang cerah sesuai dengan standar galur masing-masing. Pada ikan hias seperti koi, aspek visual seperti ketajaman warna dan pola corak menjadi prioritas utama di samping kelengkapan sirip dan proporsi tubuh yang ideal.

Pada komoditas udang vaname (*Litopenaeus vannamei*), seleksi fisik dilakukan lebih detail dengan memeriksa kelengkapan organ tubuh seperti antena, mata yang menonjol, kaki jalan (*pereiopod*), dan kaki renang (*pleopod*). Standar Nasional Indonesia (SNI) mengamanatkan bahwa induk vaname kelas induk pokok harus memiliki tubuh yang kenyal (tidak lembek), bebas dari

bercak nekrosis pada karapas, dan menunjukkan pergerakan aktif yang normal. Selain itu, kondisi usus yang terisi penuh merupakan indikator penting bahwa udang memiliki metabolisme yang aktif dan kesehatan sistem pencernaan yang baik.

E. Pentingnya Umur dan Bobot Tubuh dalam Kematangan Seksual

Umur merupakan parameter esensial yang menjamin fungsionalitas organ reproduksi telah mencapai puncaknya. Penggunaan induk yang terlalu muda seringkali menghasilkan telur dengan diameter kecil dan cadangan kuning telur yang terbatas, sehingga larva yang menetas memiliki daya tahan hidup yang rendah. Sebaliknya, induk yang terlalu tua cenderung memiliki produktivitas yang menurun dan efisiensi pakan yang rendah.

Spesies	Umur Minimum (Bulan/Tahun)	Berat/Panjang Minimum
Ikan Koi (Jantan)	2 Tahun	1 – 2 kg
Ikan Koi (Betina)	3 Tahun	4 – 5 kg
Udang Vaname (Jantan)	12 Bulan	35 gram / 17 cm
Udang Vaname (Betina)	12 Bulan	40 gram / 18 cm
Ikan Nila (Induk Pokok)	6 – 8 Bulan	400 – 600 gram
Ikan Lele (Dumbo/Mutiara)	12 Bulan	1,0 – 1,5 kg

Penentuan umur ini harus dibarengi dengan monitoring indeks kematangan gonad (IKG) dan tingkat kematangan gonad (TKG) secara berkala untuk memastikan individu tersebut berada dalam fase puncak reproduksi.

F. Aplikasi Marka DNA dalam Pemuliaan Ikan Presisi

Seiring dengan kemajuan bioteknologi, seleksi induk kini tidak hanya mengandalkan pengamatan mata telanjang, tetapi juga memanfaatkan informasi genetik yang terkandung dalam DNA. Seleksi berbasis marka DNA memungkinkan identifikasi keragaman genetik dalam populasi dengan tingkat akurasi yang sangat tinggi. Metode seperti *Random Amplified Polymorphic DNA* (RAPD-PCR), *Simple Sequence Repeat* (SSR) atau mikrosatelit, dan *Single Nucleotide Polymorphism* (SNP) digunakan untuk mengidentifikasi individu yang membawa gen pertumbuhan cepat, ketahanan terhadap penyakit spesifik, atau toleransi terhadap parameter lingkungan tertentu.

Penggunaan marka DNA sangat krusial dalam mengelola bank genetik induk di balai-balai pemuliaan untuk menjaga agar tidak terjadi perkawinan antara kerabat dekat yang dapat merusak kualitas benih di masa depan. Proses ini melibatkan ekstraksi DNA dari sampel jaringan (seperti sirip), isolasi menggunakan enzim restriksi, dan amplifikasi fragmen target menggunakan teknik PCR.¹¹ Dengan pemetaan genetik yang presisi, industri akuakultur dapat menjamin efisiensi produksi yang lebih tinggi karena benih yang dihasilkan memiliki performa yang terukur dan dapat diprediksi.

G. Pemeliharaan dan Nutrisi Induk: Formulasi Pakan untuk Kualitas Gamet

Nutrisi induk merupakan faktor penentu utama yang memengaruhi kualitas telur, tingkat pembuahan, derajat penetasan, hingga kelangsungan hidup larva. Pakan induk memiliki fungsi yang berbeda dengan pakan untuk fase pembesaran; pakan induk tidak hanya ditujukan untuk pertumbuhan somatik, tetapi lebih difokuskan pada pematangan sel gamet dan penyediaan cadangan nutrisi bagi embrio.

H. Kebutuhan Protein dan Lipid sebagai Komponen Vitelogenesis

Protein merupakan penyusun utama kuning telur (*vitelogenin*) yang diperlukan untuk perkembangan embrio. Kekurangan protein dalam diet induk akan menyebabkan atrofi ovarium dan penurunan fekunditas. Pada ikan nila, pakan induk yang ideal mengandung protein minimal 30% hingga 35% untuk mendukung proses reproduksi yang kontinu. Sementara itu, lipid, terutama asam lemak esensial, berperan sebagai sumber energi utama dan komponen struktural membran sel telur.

Asam lemak tak jenuh rantai panjang (*Highly Unsaturated Fatty Acids* - HUFA) seperti asam eikosapentaenoat (EPA) dan asam dokosaheksaenoat (DHA) sangat krusial bagi induk ikan laut dan beberapa ikan air tawar. Penambahan sekitar 1,0% $\omega - 3$ HUFA dalam pakan telah terbukti meningkatkan retensi lemak dalam gonad dan memperbaiki kualitas sperma serta motilitasnya. Pada udang vaname, fosfolipid dan kolesterol menjadi komponen wajib dalam diet maturasi karena udang tidak mampu menyintesis kolesterol secara *de novo* dalam jumlah yang cukup untuk kebutuhan reproduksi.

I. Peran Mikronutrisi dan Suplementasi Antioksidan

Vitamin E (α -tokoferol) memegang peranan vital sebagai antioksidan yang melindungi asam lemak tak jenuh pada membran telur dari oksidasi selama proses perkembangan embrio yang bersifat aerobik. Penelitian menunjukkan bahwa suplementasi vitamin E pada dosis 189,65 mg/kg pakan pada induk ikan patin mampu meningkatkan derajat penetasan hingga 78,77% dan secara signifikan menurunkan angka kecacatan pada larva. Pada ikan cupang, dosis vitamin E sebesar 0,06% dapat mempercepat waktu rematurasi dan meningkatkan jumlah telur (fekunditas) secara nyata.

Selain vitamin, penggunaan bahan alami seperti kunyit (*Curcuma longa*) dalam pakan juga mulai populer. Kunyit mengandung kurkumin yang bersifat hepatoprotektif, yang berfungsi melindungi organ hati induk saat terjadi mobilisasi

besar-besaran protein dan lemak dari hati menuju gonad selama fase vitelogenesis. Kombinasi nutrisi yang seimbang antara pakan alami (seperti keong mas atau cacing sutera) dan pakan buatan yang diperkaya terbukti memberikan hasil terbaik pada maturasi ikan-ikan bernilai ekonomi tinggi seperti gabus dan lele.

Spesies	Kandungan Protein Pakan (%)	Kandungan Lemak Pakan (%)	Parameter Kualitas yang Terpengaruh
Ikan Nila	30 – 35	5 – 7	Fekunditas dan kelangsungan hidup larva
Ikan Gabus	> 38	> 8	Derajat penetasan (HR) mencapai 92%
Udang Vaname	35 – 40	7 – 10	Produksi nauplius dan biosekuriti
Ikan Patin	28 – 32	5 – 6	Kualitas telur dan kesehatan larva

J. Teknik Pengelolaan Induk: Sexing, Biosekuriti, dan Monitoring Non-Invasif

Pengelolaan operasional di fasilitas induk menuntut ketelitian tinggi, mulai dari pemisahan jenis kelamin hingga penerapan protokol kesehatan yang ketat untuk mencegah wabah penyakit yang dapat melumpuhkan seluruh populasi induk inti.

1. Teknik Pemisahan Jantan-Betina (*Sexing*)

Pemisahan jantan dan betina bertujuan untuk mengontrol perkawinan dan memastikan bahwa proses pemijahan hanya terjadi saat semua kondisi lingkungan dan kesiapan induk telah optimal. Secara tradisional, *sexing* dilakukan melalui pengamatan ciri-ciri sekunder. Pada ikan lele, betina ditandai dengan perut yang membesar dan alat kelamin berbentuk bulat, sementara jantan memiliki alat kelamin yang lebih menonjol dan memanjang. Pada ikan koi,

jantan memiliki tekstur operkulum yang terasa kasar saat diraba, sedangkan betina memiliki operkulum yang halus dan tubuh yang lebih melebar.

Namun, tantangan muncul pada spesies yang tidak memiliki dimorfisme seksual yang jelas. Dalam hal ini, teknologi ultrasonografi (USG) menjadi alat diagnosis yang sangat berharga. USG memungkinkan praktisi untuk melihat perkembangan ovarium atau testis di dalam tubuh ikan secara non-invasif. Melalui citra USG, dapat diketahui volume gonad, tingkat hidrasi oosit, serta keberadaan lobus testis, yang memberikan kepastian tentang jenis kelamin dan tahap kematangan individu tersebut tanpa risiko stres akibat pembedahan atau aspirasi manual.

2. Manajemen Biosekuriti Tingkat Tinggi

Induk merupakan aset yang sangat bernilai, sehingga perlindungan terhadap patogen menjadi prioritas utama. Biosekuriti dalam manajemen induk mencakup tindakan pencegahan masuknya bibit penyakit dari luar (*external biosecurity*) dan pengendalian penyebarannya di dalam fasilitas (*internal biosecurity*).

Langkah-langkah strategis biosekuriti meliputi:

- a. **Sertifikasi dan Karantina:** Jangan pernah menerima induk tanpa sertifikat kesehatan resmi. Semua induk baru wajib melewati masa karantina dan uji stres di fasilitas terpisah sebelum bergabung dengan stok utama.
- b. **Disinfeksi Rutin:** Semua peralatan (jaring, ember, wadah) harus didisinfeksi setiap hari menggunakan agen ramah lingkungan. Akses manusia ke ruang maturasi harus dibatasi dan dilengkapi dengan *foot dip* dan fasilitas cuci tangan.
- c. **Pengendalian Vektor:** Pemasangan jaring burung dan penghalang hewan liar untuk mencegah transmisi penyakit secara mekanis.³¹
- d. **Optimalisasi Gut Health:** Penggunaan probiotik seperti *Bacillus* spp. dalam pakan induk dapat membantu mendominasi mikroflora usus, menekan pertumbuhan

bakteri patogen seperti *Vibrio*, dan meningkatkan efisiensi penyerapan nutrisi.

K. Manajemen Induk Siap Pijah (Maturasi): Rekayasa Hormonal dan Lingkungan

Manajemen maturasi bertujuan untuk menginduksi perkembangan gonad hingga mencapai tahap akhir, di mana sel telur dan sperma siap untuk dikeluarkan dan dibuahi. Seringkali, induk dalam lingkungan budidaya mengalami hambatan maturasi akibat kurangnya stimulasi lingkungan alami atau adanya gangguan pada jalur endokrin.

1. Jalur Endokrin dan Mekanisme Hormonal

Proses maturasi dikendalikan oleh aksis Hipotalamus-Hipofisis-Gonad (HPG). Hipotalamus melepaskan GnRH yang memicu hipofisis untuk mengeluarkan gonadotropin (FSH dan LH). FSH berperan dalam vitelogenesis awal, sementara LH memicu maturasi akhir oosit dan ovulasi.²¹ Namun, banyak spesies ikan memiliki mekanisme penghambat berupa dopamin yang mencegah pelepasan GnRH.

Untuk mengatasi hambatan ini, penggunaan hormon sintetis atau kombinasi menjadi sangat efektif. Salah satu teknologi yang populer adalah hormon Oodev (*Oocyte Developer*), yang mengandung campuran PMSG (*Pregnant Mare Serum Gonadotropin*) dan senyawa antidopamin.¹⁰ Antidopamin berfungsi memblokir kerja dopamin sehingga jalur GnRH terbuka, sementara PMSG yang kaya akan aktivitas FSH mempercepat perkembangan folikel telur.

Hasil aplikasi Oodev menunjukkan peningkatan performa yang signifikan:

- a. **Rematurasi Cepat:** Pada ikan lele, Oodev mampu mempercepat waktu pematangan kembali gonad dari siklus alami 3–4 bulan menjadi hanya 4 minggu.
- b. **Sinkronisasi Pemijahan:** Penggunaan Oodev pada ikan nilam dan synodontis memungkinkan sinkronisasi waktu pemijahan dalam satu populasi, yang mempermudah manajemen operasional di hatchery.

- c. **Kualitas Telur:** Meskipun proses dipercepat, diameter telur dan fekunditas tetap terjaga dalam kisaran optimal, seperti terlihat pada penelitian ikan sembilang yang mencapai TKG IV dengan diameter telur 0,54 mm.

2. Manipulasi Fotoperiode dan Pengaturan Suhu

Selain intervensi hormonal, manipulasi faktor lingkungan menjadi kunci untuk merangsang reseptor sensorik pada ikan yang nantinya akan diteruskan ke sistem saraf pusat untuk memulai proses reproduksi. Fotoperiode (durasi pencahayaan) dan suhu adalah dua faktor utama yang digunakan untuk menstimulasi musim pemijahan buatan.

Pada ikan cupang jantan, perlakuan 14 jam terang dan 10 jam gelap (14L:10D) terbukti mempercepat pembentukan sperma dan kesiapan memijah kembali dibandingkan dengan pencahayaan alami. Sebaliknya, pada beberapa spesies laut seperti kepiting bakau, kombinasi hari pendek (*short-day period*) dan suhu air yang stabil pada 29° C memberikan hasil IKG terbaik. Pengaturan suhu sangat krusial karena suhu air yang optimal memengaruhi laju metabolisme dan aktivitas enzim yang terlibat dalam sintesis steroid seks. Oleh karena itu, penggunaan pemanas (*heater*) atau pendingin (*chiller*) dalam sistem RAS menjadi mutlak diperlukan untuk menjamin stabilitas produksi benih di luar musimnya.

L. Evaluasi Kematangan Gonad: Monitoring TKG, IKG, dan Histologi

Evaluasi kematangan gonad dilakukan untuk menentukan waktu yang tepat untuk pemijahan agar tidak terjadi pengeluaran telur yang belum matang atau telur yang sudah mengalami *over-ripe* (lewat matang).

1. Tingkat Kematangan Gonad (TKG) dan Indeks Gonadosomatik (IGS)

TKG diklasifikasikan berdasarkan perubahan morfologis dan histologis pada gonad. Klasifikasi Holden dan Raitt (1974) yang masih relevan hingga saat ini membagi TKG menjadi lima

tahap utama:

- a. **TKG I (Immature):** Gonad sangat kecil seperti benang, transparan.
- b. **TKG II (Maturing):** Gonad mulai membesar, warna gelap kekuningan, butiran telur belum terlihat oleh mata.
- c. **TKG III (Ripening):** Gonad mengisi sekitar setengah rongga perut, butiran telur mulai terlihat jelas.
- d. **TKG IV (Ripe):** Gonad memenuhi sebagian besar rongga perut, telur berwarna kuning cerah/tua dan mudah terlepas dari jaringan folikel.
- e. **TKG V (Spent):** Gonad mengempis setelah pengeluaran telur, warna kemerahan.

IGS atau IKG merupakan nilai persentase perbandingan antara berat gonad dengan berat total tubuh ikan. Peningkatan nilai IGS merupakan indikator langsung dari akumulasi material kuning telur di dalam gonad.

2. Analisis Histologi untuk Presisi Tinggi

Untuk akurasi yang lebih tinggi, analisis histologi dilakukan dengan membuat irisan jaringan gonad yang diwarnai dengan Hematoksin-Eosin (HE). Melalui mikroskop, dapat diamati fase perkembangan oosit dari oogonia hingga tahap *migratory nucleus*, di mana inti sel telur bergeser ke arah mikrofil untuk bersiap menerima sperma. Pengamatan diameter telur juga menjadi parameter penting; telur dengan diameter yang seragam dalam satu ovarium menunjukkan bahwa induk siap untuk dipijahkan secara serentak.

Tahap Perkembangan Oosit	Karakteristik Mikroskopis	Implikasi Manajemen
Perinucleolus	Oosit kecil, sitoplasma biru (basofilik)	Tahap awal perkembangan
Vitellogenesis	Muncul butir kuning telur (vitelogenin)	Membutuhkan pakan protein tinggi
Migratory Nucleus	Inti bergerak ke tepi (kutub animal)	Siap diinduksi hormon ovulasi
Hydration	Sel telur membesar akibat penyerapan air	Sesaat sebelum ovulasi

M. Arah Strategis Manajemen Induk Masa Depan

Manajemen induk akuakultur merupakan disiplin yang dinamis dan semakin bergantung pada integrasi berbagai teknologi canggih. Keberhasilan dalam memproduksi benih yang unggul dan berkelanjutan ditentukan oleh kemampuan dalam menyinergikan aspek genetika, nutrisi, kesehatan, dan manipulasi lingkungan. Penggunaan galur induk yang telah terseleksi secara genetik (marka DNA) menjamin fondasi pertumbuhan yang baik, sementara nutrisi presisi yang diperkaya dengan asam lemak esensial dan vitamin memastikan kualitas gamet yang dihasilkan berada pada level tertinggi.

Intervensi rekayasa maturasi melalui aplikasi hormonal seperti Oodev dan manipulasi fotoperiode menawarkan solusi praktis untuk meningkatkan efisiensi waktu produksi dan memutus ketergantungan pada musim alami. Di sisi lain, penerapan sistem budidaya terkontrol seperti RAS dan standar biosekuriti yang ketat memberikan perlindungan terhadap ancaman eksternal berupa perubahan iklim dan patogen yang kian beragam.

Untuk meningkatkan daya saing industri perikanan nasional, arah kebijakan manajemen induk harus difokuskan pada:

1. **Standardisasi Mutu:** Memastikan semua fasilitas perbenihan mematuhi standar SNI terbaru untuk induk dan pakan guna menjaga konsistensi kualitas benih di pasar.
2. **Digitalisasi dan Monitoring:** Mengadopsi teknologi digital seperti USG dan sistem monitoring kualitas air berbasis IoT untuk pengambilan keputusan yang lebih cepat dan akurat.
3. **Kemandirian Bahan Baku Pakan:** Mengembangkan formulasi pakan induk berbasis bahan lokal yang diperkaya dengan mikronutrisi esensial untuk mengurangi ketergantungan impor.
4. **Sinergi Riset dan Industri:** Memperkuat kolaborasi antara lembaga riset seperti BRPI dengan sektor swasta melalui model seperti SFV untuk mempercepat hilirisasi teknologi manajemen induk kepada masyarakat luas.

Dengan implementasi strategi yang komprehensif ini, akuakultur Indonesia diharapkan mampu menjadi sektor pemimpin yang tidak hanya mandiri dalam penyediaan pangan, tetapi juga berkelanjutan secara ekonomi dan lingkungan bagi generasi mendatang.

Daftar Acuan

1. Manajemen Stres pada Ikan untuk Akuakultur Berkelanjutan | JAMI - Open Journal Systems, diakses April 10, 2026, <https://journal.akb.ac.id/index.php/jami/article/view/23>
2. Manajemen Stres pada Ikan untuk Akuakultur Berkelanjutan - SciSpace, diakses April 10, 2026, <https://scispace.com/pdf/manajemen-stres-pada-ikan-untuk-akuakultur-berkelanjutan-1ito3utum8.pdf>
3. SISTEM PENGELOLAAN AKUAKULTUR BERKELANJUTAN BERBASIS SMART FISHERIES VILLAGE (SFV) | Sopian | Jurnal Salamata - KKP, diakses April 10, 2026, <https://ejournal-balitbang.kkp.go.id/index.php/salamata/article/view/13651>
4. (PDF) Integrated Strategies for Broodstock Management and Seed ..., diakses April 10, 2026, https://www.researchgate.net/publication/398814359_Integrated_Strategies_for_Broodstock_Management_and_Seed_Production_to_Mitigate_Climate_and_Water-Quality_Challenges_A_Critical_and_Meta-Analysis_Review
5. Broodstock Management and Nutrition in Aquaculture, diakses April 10, 2026, <https://iupress.istanbul.edu.tr/book/present-day-turkish-aquaculture-and-trends-in-international-research/chapter/broodstock-management-and-nutrition-in-aquaculture>
6. TEKNIK SELEKSI CALON INDUK UDANG VANAME (*Litopeneus vanamei*) DI USAHA DAGANG KSATRIA MAS BENUR TUBAN. - Repository - UNAIR - Universitas Airlangga, diakses April 10, 2026, <https://repository.unair.ac.id/78849/>
7. Holistic approach to broodstock management - INVE Aquaculture, diakses April 10, 2026, <https://www.inveaquaculture.com/holistic-approach-to-broodstock-management/>
8. pemanfaatan manipulasi fotoperiod dalam produksi ikan-ikan budidaya (update – studi pada ikan cupang), diakses April 10, 2026, <https://jurnal.upnyk.ac.id/index.php/prosidingLPPM/article/view/15907/7372>

9. (PDF) Pertumbuhan dan konsumsi pakan ikan nila (*Oreochromis niloticus*) yang dipelihara dengan sistem bioflok - ResearchGate, diakses April 10, 2026, https://www.researchgate.net/publication/364612315_Pertumbuhan_dan_konsumsi_pakan_ikan_nila_Oreochromis_niloticus_yang_dipelihara_dengan_sistem_bioflok
10. peningkatan produksi benih melalui aplikasi hormon oodev pada kelompok pembudidaya ikan, diakses April 10, 2026, <https://jss.lppm.unila.ac.id/index.php/ojs/article/download/197/209>
11. seleksi ikan berbasis penanda dna (dna marker): literature - review - E-Jurnal UNSAM, diakses April 10, 2026, <https://ejournalunsam.id/index.php/jisa/article/download/8321/4235>
12. Jurnal Sains Akuakultur Tropis - UNDIP E-Journal System, diakses April 10, 2026, <https://ejournal2.undip.ac.id/index.php/sat/article/download/13009/pdf>
13. Standar Induk Udang Vaname SNI 01-7253 | PDF - Scribd, diakses April 10, 2026, <https://id.scribd.com/document/370301863/SNI-01-7253-2006-I-Ud-Vaname>
14. Cara Merawat Induk Udang Vaname agar Sehat dan Subur | JALA Blog, diakses April 10, 2026, <https://jala.tech/id/blog/industri-udang/cara-merawat-induk-udang-vaname>
15. Jangan Sampai Fatal! Tips Memilih Benur Udang yang Baik - De Heus Indonesia, diakses April 10, 2026, <https://www.deheus.id/cari/berita-dan-artikel/jangan-sampai-fatal-tips-memilih-benur-udang-yang-baik>
16. Broodstock development, induced spawning and larval rearing of the bilih, *Mystacoleucus padangensis* (Bleeker, 1852), a vulnerable species, and its potential as a new aquaculture candidate. - F1000Research, diakses April 10, 2026, <https://f1000research.com/articles/12-420>
17. ANALISIS HISTOLOGI TINGKAT KEMATANGAN GONAD IKAN KEMBUNG PEREMPUAN (*Rastrelliger brachysoma*, Bleeker 1851) DI PERAIRAN LEKOK, PASURUAN - JFMR-Journal

- of Fisheries and Marine Research, diakses April 10, 2026,
<https://jfmr.ub.ac.id/index.php/jfmr/article/download/97/74/988>
18. PENAMBAHAN VITAMIN E DALAM PAKAN TERHADAP KUALITAS REPRODUKSI INDUK IKAN NILA (*Oreochromis niloticus*) | Tahapari | Jurnal Riset Akuakultur, diakses April 10, 2026,
<https://ejournal-balitbang.kkp.go.id/index.php/jra/article/view/7768>
 19. FORMULASI PAKAN INDUK UNTUK MENINGKATKAN KUANTITAS DAN KUALITAS BENIH IKAN NILA, diakses April 10, 2026,
<https://ejournal-balitbang.kkp.go.id/index.php/btla/article/download/2616/2140>
 20. SNI Induk Ikan Air Tawar - Benih Ikan Nila, diakses April 10, 2026,
<https://benihikannila.com/sni-induk-ikan-air-tawar/>
 21. Induksi maturasi gonad ikan nilam (*Osteochilus hasselti*) menggunakan hormon OODEV dengan dosis yang berbeda - ResearchGate, diakses April 10, 2026,
https://www.researchgate.net/publication/367535146_Induksi_maturasi_gonad_ikan_nilam_Osteochilus_hasselti_menggunakan_hormon_OODEV_dengan_dosis_yang_berbeda
 22. TINGKAT KEMATANGAN GONAD IKAN ... - Jurnal Untirta, diakses April 10, 2026,
<https://jurnal.untirta.ac.id/index.php/jpk/article/viewFile/7077/4854>
 23. I. P E N D A H U L U A N, diakses April 10, 2026,
<http://scholar.unand.ac.id/4584/2/02.%20BAB%20I%20pendahuluan.pdf>
 24. KEBUTUHAN ASAM LEMAK ESSENSIAL PADA IKAN LAUT H. Pangkey1 ABSTRACT - E-Journal UNSRAT, diakses April 10, 2026,
<https://ejournal.unsrat.ac.id/v3/index.php/JPKT/article/download/185/143/251>
 25. 24kepka463 Revisi SNI 9043-11-2024 Pakan Ikan Nila | PDF - Scribd, diakses April 10, 2026,
<https://id.scribd.com/document/873901151/24kepka463-Revisi-SNI-9043-11-2024-Pakan-Ikan-Nila>

26. Penambahan Asam Lemak EPA dan DHA pada Pakan untuk Pertumbuhan dan Sintasan Ikan Baung (*Hemibagrus nemurus*), diakses April 10, 2026, <https://jipas.ejournal.unri.ac.id/index.php/jipas/article/download/1910/1409>
27. PENGARUH KADAR VITAMIN E DALAM PAKAN TERHADAP KUALITAS TELUR IKAN PATIN (*Pangasius hypophthalmus*) [Effect of dietary vitamin E on the egg quality of catfish (*Pangasius hypophthalmus*)] | Jurnal Iktiologi Indonesia, diakses April 10, 2026, <https://jurnal-iktiologi.org/index.php/jii/article/view/267>
28. Acta Aquatica - Open Journal Unimal, diakses April 10, 2026, <https://ojs.unimal.ac.id/acta-aquatica/article/view/526/439>
29. Induksi Pematangan Gonad Ikan Lele (*Clarias sp.*) Menggunakan Oodev dan Kunyit (*Curcuma longa*) - Journal IPB, diakses April 10, 2026, <https://journal.ipb.ac.id/pim/article/download/29569/19243/94038>
30. Performa Kualitas Telur Ikan Gabus (*Channa striata* blkr) Dengan Pemberian Pakan Berbeda Dalam Wadah Terkontrol - e-Journal Universitas Gorontalo, diakses April 10, 2026, <https://jurnal.unigo.ac.id/index.php/gfj/article/viewFile/108/105>
31. Langkah Penting Biosekuriti untuk Budidaya Ikan - De Heus Indonesia, diakses April 10, 2026, <https://www.deheus.id/archive-articles/langkah-penting-biosekuriti-untuk-budidaya-ikan>
32. Rekayasa Maturasi Menggunakan Hormon Oodev Terhadap Ikan Synodontis (*Synodontis sp.*) - Neliti, diakses April 10, 2026, <https://media.neliti.com/media/publications/443768-none-1af8dfa0.pdf>
33. Ultrasonic imaging as a means of monitoring gonadal development ..., diakses April 10, 2026, <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10513926/>
34. Penerapan Biosecurity dalam Akuakultur | PDF - Scribd, diakses April 10, 2026, <https://id.scribd.com/presentation/408182647/Penerapan->

Biosecurity-Pada-Perikanan-Budidaya

35. Rekayasa Maturasi Menggunakan Hormon Oodev Terhadap Ikan Synodontis (Synodontis Sp) | Dhewantara | Akuatika Indonesia - Jurnal Universitas Padjadjaran, diakses April 10, 2026, <https://jurnal.unpad.ac.id/akuatika-indonesia/article/view/23409>
36. Induksi pematangan gonad secara hormonal pada ikan sidat, *Anguilla bicolor* - Jurnal Iktiologi Indonesia, diakses April 10, 2026, <https://jurnal-ikhtiologi.org/index.php/jii/article/download/57/38>
37. Pengaruh Manipulasi Fotoperiod dengan Lama Waktu yang Berbeda Terhadap Tingkat Kematangan Gonad Ikan Lempuk (*Gobiopterus* sp.) - Brawijaya Knowledge Garden, diakses April 10, 2026, <https://repository.ub.ac.id/185930/>
38. Pengaruh Temperatur dan Photoperiod Terhadap Kematangan Gonad Kepiting Bakau (*Scylla serrata*), diakses April 10, 2026, <https://ejournal.undip.ac.id/index.php/ijms/article/download/19355/pdf>
39. Sebaran Tingkat Kematangan Gonad (TKG) Ikan Layang (*Decapterus russelli*) di Perairan Pasongsongan, Kabupaten Sumenep - Jurnal Sumberdaya Akuatik Indopasifik, diakses April 10, 2026, <https://mail.ejournalfpikunipa.ac.id/index.php/JSAI/article/download/127/77>

BAB 4 TEKNIK PEMIJAHAN IKAN



Gambar 4.1. Infografis Teknik Pemijahan Ikan

Keberhasilan produksi benih secara berkelanjutan merupakan pilar utama dalam industri akuakultur global. Upaya untuk memenuhi permintaan protein hewani dari sektor perikanan sangat bergantung pada efisiensi proses reproduksi ikan di unit perbenihan. Reproduksi ikan bukan sekadar proses biologis sederhana, melainkan hasil integrasi kompleks antara sinyal lingkungan eksternal dan sistem endokrin internal yang mengatur perkembangan gonad hingga terjadinya pemijahan. Dalam diskursus perikanan modern, teknik pemijahan diklasifikasikan menjadi tiga metodologi utama: pemijahan alami, pemijahan semi-alami yang melibatkan induksi hormonal, dan pemijahan buatan yang menerapkan manipulasi teknis penuh terhadap gamet ikan.

A. Landasan Fisiologis dan Mekanisme Endokrin

Memahami teknik pemijahan memerlukan pemahaman mendalam tentang poros Hipotalamus-Hipofisis-Gonad (HPG). Proses reproduksi dimulai ketika reseptor sensorik ikan menerima

rangsangan dari lingkungan, seperti perubahan suhu, durasi penyinaran (fotoperiode), atau curah hujan.⁴ Rangsangan ini memicu hipotalamus untuk melepaskan *Gonadotropin Releasing Hormone* (GnRH), yang kemudian bergerak menuju kelenjar hipofisis untuk merangsang sintesis dan pelepasan hormon gonadotropin (GtH).

Dalam fisiologi ikan, dikenal dua jenis gonadotropin utama: GtH-I (serupa dengan FSH pada mamalia) yang berperan dalam tahap awal vitelogenesis, dan GtH-II (serupa dengan LH) yang bertanggung jawab atas pematangan akhir oosit dan proses ovulasi. Pematangan gonad ini dapat diukur melalui parameter kuantitatif seperti *Gonado Somatic Index* (GSI) dan *Hepato Somatic Index* (HSI). Rumus perhitungan GSI dinyatakan dalam persamaan berikut:

$$GSI = \left(\frac{W_g}{W_b} \right) \times 100$$

Di mana W_g merepresentasikan berat gonad dan W_b merepresentasikan berat tubuh total ikan. Peningkatan nilai GSI menunjukkan adanya akumulasi kuning telur di dalam oosit, sebuah proses yang dikenal sebagai vitelogenesis, di mana protein vitelogenin disintesis oleh hati di bawah pengaruh hormon estradiol-17 β .

B. Pemijahan Alami: Sinergi Biologi dan Ekologi

Pemijahan alami didefinisikan sebagai proses di mana induk jantan dan betina melakukan perkawinan, pengeluaran telur (ovulasi), dan pembuahan (fertilisasi) tanpa intervensi manipulasi hormonal atau bantuan fisik manusia. Teknik ini sangat bergantung pada tingkat kematangan gonad induk yang optimal dan ketersediaan stimulus lingkungan yang tepat di dalam kolam atau bak pemijahan.

1. Faktor Internal dalam Keberhasilan Reproduksi Alami

Kesiapan internal induk merupakan determinan primer. Tingkat Kematangan Gonad (TKG) harus mencapai stadium maksimal di mana sel telur telah matang sempurna dan siap dibuahi. Faktor-faktor internal yang mempengaruhi meliputi usia induk, ukuran tubuh, status kesehatan, dan kualitas genetik. Induk yang terlalu muda atau terlalu tua cenderung menghasilkan gonad dengan kualitas yang kurang optimal, yang pada akhirnya menurunkan fekunditas atau jumlah telur yang dihasilkan per kilogram berat badan.

Selain TKG, status nutrisi induk memainkan peran krusial. Ketersediaan asam lemak esensial, protein berkualitas tinggi, serta vitamin E dan C sangat diperlukan untuk pembentukan membran sel telur dan sintesis hormon reproduksi. Kekurangan nutrisi tertentu dapat menyebabkan atresia oosit, yaitu kondisi di mana sel telur gagal berkembang dan justru diserap kembali oleh tubuh.

2. Faktor Eksternal dan Stimulasi Lingkungan

Lingkungan bertindak sebagai pemicu utama (*trigger*) bagi ikan untuk memulai perilaku pemijahan. Setiap spesies memiliki ambang batas toleransi dan kebutuhan spesifik terhadap parameter kualitas air.

Parameter Kualitas Air	Kisaran Optimal Umum	Pengaruh Terhadap Fisiologi Pemijahan
Suhu Air	22 - 32 °C	Mengatur laju metabolisme dan aktivitas enzim dalam ovarium.
pH Air	6.5 - 8.5	pH ekstrem dapat merusak membran vitelin telur dan menghambat motilitas sperma.
Oksigen Terlarut (DO)	> 5 mg/L	Penting untuk kebutuhan energi saat aktivitas memijah dan respirasi embrio.
Amonia (NH_4^+)	< 0.02 mg/L	Toksitas tinggi menyebabkan stres kronis yang menghambat pelepasan GnRH.
Kesadahan	Tergantung Spesies	Kandungan kalsium dan magnesium mempengaruhi pengerasan kulit telur pasca-fertilisasi.

Kehadiran substrat atau media penempel telur (kakaban) juga sangat menentukan bagi spesies yang memiliki tipe telur adhesif, seperti ikan mas atau lele. Substrat seperti ijuk, eceng gondok, atau jaring plastik berfungsi untuk menampung telur agar tidak menumpuk di dasar kolam yang seringkali kekurangan oksigen dan rentan terhadap infeksi bakteri.

3. Perilaku Pemijahan dan Mekanisme Fertilisasi Alami

Pada pemijahan alami, koordinasi perilaku antara jantan dan betina menjadi kunci keberhasilan fertilisasi. Ikan jantan umumnya menunjukkan perilaku agresif atau pengejaran (*courtship behavior*) untuk merangsang betina mengeluarkan telur. Sebagai contoh, pada ikan nila (*Oreochromis niloticus*), jantan akan membuat cekungan atau sarang di dasar kolam dan mengundang betina untuk meletakkan telurnya di sana. Setelah telur dikeluarkan, jantan segera melepaskan sperma ke lingkungan air untuk membuahi telur secara eksternal.

Efisiensi metode alami seringkali dipuji karena menghasilkan larva dengan tingkat kelulushidupan yang tinggi. Hal ini dikaitkan dengan rendahnya stres mekanis pada induk dan pembuahan yang terjadi pada saat oosit berada dalam kondisi kesegaran maksimal. Namun, keterbatasan utama metode ini adalah ketidakpastian waktu pemijahan dan sulitnya mencapai target produksi benih yang seragam secara massal.

C. Pemijahan Semi-Alami: Teknik Induksi Hormonal

Pemijahan semi-alami, atau sering disebut sebagai *induced spawning*, merupakan pendekatan di mana manusia memberikan stimulasi hormonal untuk memicu pematangan akhir gonad dan ovulasi, namun proses perkawinan dan pengeluaran telur tetap terjadi secara spontan oleh induk di dalam wadah budidaya. Metode ini menjadi solusi bagi spesies yang sulit memijah di lingkungan terkontrol atau untuk mengatur jadwal produksi benih agar sesuai dengan kebutuhan pasar.

1. Agen Hormonal dan Prinsip Kerjanya

Dalam teknik ini, berbagai jenis hormon eksogen digunakan untuk "menerobos" hambatan fisiologis yang mencegah ikan memijah secara alami. Hormon yang paling umum digunakan adalah:

- a. **Ovaprim:** Merupakan merek dagang populer yang mengandung kombinasi *Salmon Gonadotropin Releasing Hormone analog* (sGnRHa) dan *Domperidone* (antidopamin). sGnRHa bekerja dengan merangsang kelenjar hipofisis untuk melepaskan gonadotropin endogen, sementara domperidone berfungsi menghalangi aksi dopamin yang secara alami menghambat pelepasan hormon tersebut.
- b. **Human Chorionic Gonadotropin (hCG):** Hormon yang memiliki aktivitas serupa dengan LH (GtH-II), bekerja langsung pada tingkat gonad untuk menginduksi pematangan akhir oosit.
- c. **Ekstrak Hipofisa:** Metode klasik yang menggunakan kelenjar hipofisis dari ikan donor (biasanya ikan mas) yang mengandung hormon gonadotropin murni. Meskipun efektif, metode ini mulai ditinggalkan karena standarisasi dosis yang sulit dan risiko penularan penyakit.

2. Protokol Induksi dan Waktu Laten

Prosedur dimulai dengan seleksi induk yang telah mencapai TKG III atau IV. Penyuntikan biasanya dilakukan secara intramuskular pada bagian punggung ikan dengan kemiringan jarum 45 derajat. Waktu yang dibutuhkan dari saat penyuntikan hingga terjadinya pemijahan disebut sebagai waktu laten.

Spesies Ikan	Jenis Hormon	Dosis (per kg)	Waktu Laten (jam)
Ikan Lele	Ovaprim	0.3 - 0.7 ml	8 - 12
Ikan Mas	Ovaprim	0.5 ml	10 - 14

Ikan Bawal Bintang	hCG + Ovaprim	500 IU + 0.5 ml	13 - 18
Ikan Agamysis	hCG + Ovaprim	500 IU + 0.7 ml	7 - 12
Ikan Serukan	Ovaprim	0.5 ml	25 - 33

Waktu laten sangat dipengaruhi oleh suhu air; peningkatan suhu cenderung mempercepat laju metabolisme hormonal dan memperpendek waktu tunggu. Pemijahan semi-alami dianggap lebih efisien daripada pemijahan alami murni karena mampu memberikan hasil yang lebih konsisten dalam hal jumlah telur yang dibuahi dan daya tetas.

D. Pemijahan Buatan: Kontrol Presisi dan Manajemen Gamet

Pemijahan buatan adalah teknik reproduksi tingkat tinggi di mana seluruh proses, mulai dari induksi hormonal, pengeluaran telur dan sperma, hingga fertilisasi, dilakukan dengan bantuan manusia secara manual. Teknik ini esensial bagi spesies yang tidak memiliki refleks pemijahan spontan di penangkaran (seperti ikan patin) atau untuk program pemuliaan selektif yang membutuhkan kontrol penuh terhadap silsilah keturunan.

1. Teknik Ovulasi dan Pengeluaran Telur (*Stripping*)

Proses ovulasi dalam pemijahan buatan dipicu melalui penyuntikan hormon dengan dosis yang seringkali lebih tinggi atau dilakukan dalam dua tahap (dosis pendahulu dan dosis pemacu) untuk memastikan kematangan oosit yang serempak. Setelah mencapai waktu laten puncak, dilakukan teknik *stripping* atau pengurutan pada bagian perut induk betina menuju lubang urogenital.

Ketelitian dalam menentukan waktu *stripping* sangat menentukan kualitas telur. Telur yang dikeluarkan terlalu cepat (sebelum ovulasi sempurna) akan sulit dibuahi karena mikropil belum siap, sedangkan telur yang terlalu lama berada di rongga ovarium setelah ovulasi (*over-ripening*) akan mengalami

penurunan viabilitas akibat kekurangan oksigen. Wadah penampung telur harus dipastikan benar-benar kering, karena kontak dengan air akan memicu penutupan mikropil dalam hitungan detik, yang mencegah masuknya spermatozoa.

2. Penanganan Sperma dan Teknik Fertilisasi Laboratorium

Pada banyak spesies ikan, sperma dapat diperoleh dengan cara pengurutan perut jantan. Namun, pada spesies tertentu seperti ikan lele, struktur testis yang lobular dan bergerigi seringkali tidak memungkinkan sperma keluar melalui pengurutan. Dalam kasus ini, dilakukan prosedur pembedahan untuk mengambil kantong testis secara langsung. Testis yang telah diambil kemudian dicacah dan disaring, lalu sperma diencerkan menggunakan larutan NaCl fisiologis atau cairan infus (0.9%) untuk menjaga kesegaran spermatozoa sebelum proses fertilisasi dilakukan.

Ada dua metodologi utama dalam proses fertilisasi buatan:

- a. **Metode Kering (*Dry Method*):** Telur dan sperma dicampur dalam kondisi kering di sebuah wadah plastik atau kaca. Setelah diaduk perlahan menggunakan bulu ayam selama kurang lebih 2-3 menit agar merata, barulah air bersih ditambahkan. Air berfungsi untuk mengaktifkan pergerakan spermatozoa sehingga dapat membuahi telur.
- b. **Metode Basah (*Wet Method*):** Telur dan sperma dimasukkan ke dalam wadah yang sudah berisi air. Meskipun lebih praktis, metode ini kurang efisien karena spermatozoa memiliki waktu hidup yang sangat singkat setelah aktif di dalam air, sehingga peluang untuk menemukan mikropil pada telur menjadi lebih rendah.

3. Inkubasi dan Manajemen Larva

Setelah proses fertilisasi selesai, telur biasanya dicuci untuk menghilangkan sisa sperma atau darah yang dapat memicu tumbuhnya jamur. Untuk telur yang sangat lengket, seringkali digunakan larutan penghilang daya lekat seperti larutan tanah lempung atau larutan tanin. Telur kemudian ditebar ke dalam wadah penetasan yang dilengkapi dengan

aerasi yang kuat untuk memastikan ketersediaan oksigen yang cukup bagi perkembangan embrio.

Suhu inkubasi sangat menentukan kecepatan perkembangan embrio. Suhu yang terlalu tinggi dapat menyebabkan penetasan prematur dan cacat pada larva, sementara suhu yang terlalu rendah akan menghambat perkembangan dan meningkatkan risiko infeksi saprolegnia (jamur telur).

E. Analisis Komparatif Efektivitas Metode Pemijahan

Pemilihan metode pemijahan memiliki implikasi langsung terhadap parameter performa reproduksi. Berdasarkan studi komparasi terbaru pada ikan mas (*Cyprinus carpio*) dan ikan koi, setiap metode menunjukkan profil keunggulan yang berbeda.

Indikator Performa	Pemijahan Alami	Pemijahan Semi-Alami	Pemijahan Buatan
Fekunditas (Total Telur)	Sangat Tinggi	Sedang	Terbatas oleh Teknik
Derajat Pembuahan (FR)	72%	89%	81%
Derajat Penetasan (HR)	56%	79%	63%
Kelulushidupan Larva (SR)	90%	75%	70%
Pertumbuhan Benih	Cepat (Panjang)	Cepat (Bobot)	Moderat
Stres Induk	Rendah	Moderat	Tinggi

Metode semi-alami secara konsisten menunjukkan hasil terbaik dalam hal efisiensi pembuahan dan penetasan. Hal ini dikarenakan stimulasi hormonal memastikan seluruh oosit matang secara serempak, namun proses pengeluaran telur yang dilakukan sendiri oleh induk meminimalkan kerusakan fisik pada oosit yang

sering terjadi saat teknik *stripping* manual. Di sisi lain, pemijahan alami tetap menjadi pilihan unggul bagi pembudidaya yang mengutamakan kualitas daya tahan larva, meskipun produktivitasnya sulit diprediksi.

F. Inovasi Teknologi dan Penanda Kualitas Telur (Oosit)

Perkembangan mutakhir dalam ilmu reproduksi ikan mulai beralih ke arah molekuler dan biokimia untuk meningkatkan akurasi keberhasilan perbenihan.

1. Indikator Biokimia dan Morfologi Kualitas Telur

Kualitas telur tidak lagi hanya dinilai dari penampakan visualnya. Pengamatan mikroskopis pada pembelahan blastomer tahap awal (stadium 8 sel) telah diidentifikasi sebagai prediktor signifikan bagi keberhasilan penetasan. Telur dengan pembelahan sel yang simetris dan teratur memiliki peluang hidup 83% lebih tinggi hingga menetas.

Komposisi biokimia oosit, terutama rasio asam lemak n-3 terhadap n-6, sangat menentukan integritas membran dan ketersediaan energi bagi larva sebelum mampu mencari pakan dari luar. Selain itu, ukuran butiran minyak (*oil droplet*) dan volumenya menjadi penanda penting; butiran minyak yang lebih kecil namun memiliki volume total yang cukup seringkali berkorelasi dengan viabilitas yang lebih tinggi pada fase larva.

2. Terobosan dalam Manipulasi Hormonal

Inovasi dalam induksi ovulasi kini mencakup penggunaan *Aromatase Inhibitors* (AI) yang dikombinasikan dengan oksitosin. Pada ikan patin, kombinasi AI, oksitosin, Ovaprim, dan PGF2a terbukti mampu merangsang refleksi pemijahan spontan, sehingga teknik *stripping* yang berisiko merusak gonad induk tidak lagi diperlukan.

Selain itu, teknik pemberian hormon secara oral melalui enkapsulasi pakan menjadi alternatif masa depan untuk mengurangi stres akibat penyuntikan, terutama pada ikan hias berukuran kecil atau ikan liar yang baru didomestikasi. Metode ini melibatkan pencampuran GnRHa dengan bahan pelapis yang tahan terhadap enzim pencernaan, sehingga hormon

dapat diserap secara efektif di usus dan masuk ke peredaran darah untuk merangsang hipofisis.

G. Mekanisme Sinkronisasi dan Strategi Manajemen Perbenihan

Sinkronisasi antara kematangan induk jantan dan betina merupakan tantangan utama dalam perbenihan massal. Ketidaksesuaian waktu ovulasi betina dengan produksi sperma jantan seringkali menjadi penyebab utama rendahnya derajat pembuahan.

1. Strategi Sinkronisasi Hormonal

Untuk mengatasi masalah ini, protokol penyuntikan seringkali dibedakan antara jantan dan betina. Induk jantan biasanya disuntik dengan dosis yang lebih rendah (sekitar 1/3 hingga 1/2 dosis betina) secara bersamaan dengan suntikan pertama pada betina. Hal ini bertujuan untuk memastikan bahwa pada saat betina mengalami ovulasi, jantan sudah berada dalam kondisi spermiasi (produksi sperma) maksimal.

Penggunaan kombinasi hormon hCG dan Ovaprim juga terbukti sangat efektif dalam mensinkronkan kematangan akhir oosit pada spesies yang memiliki pola perkembangan telur asinkron. hCG membantu dalam migrasi inti oosit, sementara GnRH dalam Ovaprim memicu lonjakan GtH-II untuk ovulasi massal.

2. Pengelolaan Lingkungan Pasca-Pemijahan

Setelah proses pemijahan selesai, pemulihan kondisi induk menjadi krusial. Penurunan berat badan pasca-pemijahan bisa mencapai 11% dari bobot total akibat pengeluaran gamet dan energi yang terkuras. Pemberian pakan berkualitas tinggi yang kaya protein dan pemeliharaan kualitas air yang stabil sangat diperlukan agar induk dapat segera masuk ke siklus rematurasi (pematangan kembali).

H. Implikasi Teknik Pemijahan Ikan bagi Akuakultur

Teknik pemijahan ikan telah bertransformasi dari sekadar observasi perilaku alami menjadi sebuah sains presisi yang melibatkan manipulasi biokimia dan teknis. Pemilihan antara

pemijahan alami, semi-alami, atau buatan harus didasarkan pada karakteristik biologis spesies, target volume produksi, dan infrastruktur yang tersedia.

Metode semi-alami saat ini memegang peranan sebagai teknik paling efisien bagi sebagian besar komoditas komersial, karena menggabungkan kepastian waktu dari stimulasi hormonal dengan kualitas pembuahan alami. Namun, pemijahan buatan tetap tidak tergantikan untuk program pemuliaan genetik dan spesies yang memiliki hambatan refleksi pemijahan.

Inovasi dalam penggunaan penanda molekuler oosit dan metode pemberian hormon non-invasif akan terus berkembang, memberikan harapan bagi peningkatan efisiensi perbenihan dan konservasi spesies ikan langka. Keberhasilan akuakultur masa depan akan sangat bergantung pada kemampuan para profesional perikanan dalam mengintegrasikan pemahaman fisiologis ini dengan praktik manajemen yang adaptif dan berkelanjutan. Dengan demikian, sektor perikanan budidaya dapat terus menjadi penyedia protein utama yang handal bagi populasi dunia yang terus tumbuh.

Daftar Acuan

1. (PDF) Gene Expression Biomarkers in Aquaculture Production: Towards Sustainable Breeding Practices - ResearchGate, accessed April 10, 2026, https://www.researchgate.net/publication/393463633_Gene_Expression_Biomarkers_in_Aquaculture_Production_Towards_Sustainable_Breeding_Practices
2. Teknik Pemijahan Ikan: Buatan, Semi-Buatan, dan Alami dalam Budidaya Perikanan - DKP Jawa Timur, accessed April 10, 2026, <https://dkp.jatimprov.go.id/unit/lab-kil//news/view/4413>
3. (PDF) Studi Komparasi Hasil Pemijahan Induk Ikan Mas (*Cyprinus ...*, accessed April 10, 2026, https://www.researchgate.net/publication/366392582_Studi_Komparasi_Hasil_Pemijahan_Induk_Ikan_Mas_Cyprinus_carpio_Menggunakan_Metode_Alami_Semi_Buatan_dan_Buatan
4. Faktor yang mempengaruhi teknik pemijahan yang dapat ..., accessed April 10, 2026, <https://dkp.jatimprov.go.id/unit/lab-kil//news/view/3906>
5. II. TINJAUAN PUSTAKA A. Reproduksi dan Perkembangan Gonad Ikan Lele Ikan lele (*Clarias sp*) pertama kali matang kelamin pada umur - Digilib Unila, accessed April 10, 2026, <http://digilib.unila.ac.id/12745/11/BAB%20II.pdf>
6. ENKAPSULASI HORMON GnRH DAN ANTI ... - Journal UBB, accessed April 10, 2026, <https://journal.ubb.ac.id/aquatropica/article/download/6313/2691>
7. TEKNIK PEMIJAHAN IKAN NILA MERAH (*Oreochromis niloticus*) SECARA ALAMI - Jurnal, accessed April 10, 2026, <https://jurnal.una.ac.id/index.php/semnasmudi/article/viewFile/4043/2886>
8. OPTIMALISASI PEMIJAHAN IKAN LELE (*Clarias gariepinus*) SECARA ALAMI: PENGALAMAN PRAKTIS DARI KELOMPOK BUDIDAYA CERIA, accessed April 10, 2026, <https://openjurnal.unmuhpnk.ac.id/JR/article/view/8023/pdf>

9. Perbandingan Pemijahan Alami Dengan Pemijahan Buatan Pada Ikan Mas Koki Oranda (*Carassius auratus*) Oleh Herry Christian - Neliti, accessed April 10, 2026, <https://media.neliti.com/media/publications/202406-none.pdf>
10. Proses Pemijahan Semi Buatan dengan Teknik Stripping (Pengurutan) pada Ikan Betok (*Anabas testudineus*), accessed April 10, 2026, <https://unkripjournal.com/index.php/JIHT/article/download/165/161>
11. Biologi Reproduksi Ikan Dasar dan Aplikasi - Repository Media Penerbit Indonesia, accessed April 10, 2026, <http://repository.mediapenerbitindonesia.com/319/1/T%20303%20-%20%28FINISH%20LAYOUT%29%20Biologi%20Reproduksi%20Ikan%20%20Dasar%20dan%20Aplikasi%20%28Naskah%29%5B1%5D.pdf>
12. Pengaruh Metode Pemijahan Yang Berbeda Terhadap Pembuahan Dan Daya Tetas Telur Pada Ikan Mas (*Cyprinus Carpio* - UNM Online Journal Systems, accessed April 10, 2026, <https://ojs.unm.ac.id/ptp/article/download/18658/11866>
13. Teknik Pemijahan Ikan Patin | DINAS PERIKANAN, accessed April 10, 2026, <https://diskan.beltim.go.id/teknik-pemijahan-ikan-patin/>
14. INDUKSI OVULASI DAN PEMIJAHAN IKAN AGAMYSIS (*Agamyxis albomaculatus*) MENGGUNAKAN HORMON YANG BERBEDA, accessed April 10, 2026, <https://ejournal-balitbang.kkp.go.id/index.php/jra/article/download/2308/5212>
15. KOMBINASI PENYUNTIKAN HORMON HCG DAN OVAPRIM TERHADAP OVULASI DAN DAYA TETAS TELUR IKAN TENGADAK (*Barbonymus schwanenfeldii*) - Universitas Muhammadiyah Pontianak, accessed April 10, 2026, <https://openjurnal.unmuhpnk.ac.id/JR/article/viewFile/479/392>
16. PENGGUNAAN DUA JENIS HORMON GONADOTROPIN UNTUK MERANGSANG PEMIJAHAN IKAN BALASHARK (*Balantiocheilus melanopterus*), accessed April 10, 2026,

- <https://ejournal-balitbang.kkp.go.id/index.php/jra/article/download/2429/1969>
17. KOMBINASI HORMON OVAPRIM DENGAN EKSTRAK HIPOFISA AYAM BROILER TERHADAP RESPONS OVULASI DAN DAYA TETAS TELUR (Hatching Rate) IKAN - Universitas Batanghari Repository, accessed April 10, 2026, <http://repository.unbari.ac.id/417/1/aan%20aryanti%20sandra.pdf>
 18. (PDF) Pemijahan Semi Buatan dengan Teknik Striping Pada Ikan Lele (*Clarias gariepinus*), accessed April 10, 2026, https://www.researchgate.net/publication/393497955_Pemijahan_Semi_Buatan_dengan_Teknik_Striping_Pada_Ikan_Lele_Clarias_gariepinus
 19. Acta Aquatica - Open Journal Unimal, accessed April 10, 2026, <https://ojs.unimal.ac.id/acta-aquatica/article/view/17974/9644>
 20. Aplikasi Teknologi Induce Spawning (TIS) pada Pemijahan Ikan Air Tawar dalam Upaya Peningkatan Ketersediaan Benih I - Journal of Universitas Airlangga, accessed April 10, 2026, <https://ejournal.unair.ac.id/JMCS/article/download/20103/11260/76660>
 21. Efektivitas penggunaan Hormon human Chorionic Gonadotropin (hCG) dan Ovaprim terhadap Waktu Latensi Dan Fekunditas dalam - ojs umrah, accessed April 10, 2026, <https://ojs.umrah.ac.id/index.php/intek/article/download/260/334>
 22. XML - Jurnal - Universitas Teuku Umar, accessed April 10, 2026, <http://jurnal.utu.ac.id/jptropis/article/view/12/7>
 23. akurasi dalam aplikasi teknologi stimulasi hormon untuk pemijahan ikan, accessed April 10, 2026, <https://ejournal-balitbang.kkp.go.id/index.php/ma/article/download/1569/1230>
 24. (PDF) Studi Pengamatan Pemijahan Metode Semi Alami Parameter Fekunditas, Pembuahan, Daya Tetas Telur dan Sintasan Larva Ikan Koi (*Cyprinus carpio*) di Desa Perbarakan, Deli Serdang - ResearchGate, accessed April 10, 2026, https://www.researchgate.net/publication/360041903_Studi_Pengamatan_Pemijahan_Metode_Semi_Alami_Parameter_Fekunditas

- Pembuahan_Daya_Tetas_Telur_dan_Sintasan_Larva_Ikan_Koi_Cyprinus_carpio_di_Desa_Perbarakan_Deli_Serdang_Studi_Pengamatan_Pemijahan_Meto
25. Hormonal induction on artificial ovulation and spawning of striped ..., accessed April 10, 2026, <https://jurnal-iktiologi.org/index.php/jii/article/view/46>
 26. PENGARUH KONSENTRASI PENYUNTIKAN HORMON HCG DAN OVAPRIM TERHADAP DAYA TETAS TELUR DAN SINTASAN LARVA IKAN KELABAU (*Osteochilus* - Universitas Muhammadiyah Pontianak, accessed April 10, 2026, <https://openjurnal.unmuhpnk.ac.id/JR/article/download/494/408>
 27. Pembuahan buatan dan teknik inkubasi telur - Horizon IRD, accessed April 10, 2026, https://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/divers14-02/010055587.pdf
 28. (PDF) Perbedaan Kualitas Ikan Kering dan Masa Simpan dengan Metode Garam Basah dan Garam Kering: Differences in Dried Fish Quality and Shelf Life using Wet Salting and Dry Salting Methods - ResearchGate, accessed April 10, 2026, https://www.researchgate.net/publication/397109356_Perbedaan_Kualitas_Ikan_Kering_dan_Masa_Simpan_dengan_Metode_Garam_Basah_dan_Garam_Kering_Differences_in_Dried_Fish_Quality_and_Shelf_Life_using_Wet_Salting_and_Dry_Salting_Methods
 29. Egg quality markers in domesticated broodstock of Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus*) with relevance for optimization of hatchery protocols - Frontiers, accessed April 10, 2026, <https://www.frontiersin.org/journals/aquaculture/articles/10.3389/faqc.2025.1673217/full>
 30. Morphometric Assessment of Egg Quality for Second Generation of Cultured Small Yellow Croaker, *Larimichthys polyactis* Broodstock - PMC, accessed April 10, 2026, <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC12004011/>
 31. Analysis of egg quality and growth-related factors during embryogenic development of olive flounder (*Paralichthys olivaceus*) fed different broodstock diets - Fisheries and Aquatic Sciences, accessed April 10, 2026, <https://www.e->

- fas.org/archive/view_article?pid=fas-27-12-842
32. Acta Aquatica - Open Journal Unimal, accessed April 10, 2026,
<https://ojs.unimal.ac.id/index.php/acta-aquatica/article/view/6129/5493>
 33. AKURASI DALAM APLIKASI TEKNOLOGI STIMULASI HORMON UNTUK PEMIJAHAN IKAN, accessed April 10, 2026,
<https://ejournal-balitbang.kkp.go.id/index.php/ma/article/view/1569>
 34. Rekayasa Maturasi Menggunakan Hormon Oodev Terhadap Ikan Synodontis (Synodontis sp) - Neliti, accessed April 10, 2026,
<https://media.neliti.com/media/publications/443768-none-1af8dfa0.pdf>

BAB 5 TATA KELOLA PENETASAN TELUR IKAN



Gambar 5.1. Infografis Tata Kelola Penetasan Telur

Keberhasilan sektor akuakultur modern sangat bergantung pada konsistensi pasokan benih berkualitas tinggi, yang proses produksinya berpusat pada efisiensi manajemen penetasan telur. Fase penetasan merupakan periode paling kritis dalam siklus hidup ikan, di mana embrio sangat rentan terhadap fluktuasi lingkungan, serangan patogen, dan kendala mekanis wadah. Manajemen penetasan yang efektif memerlukan integrasi antara pemahaman mendalam mengenai karakteristik biologis telur, dinamika fisiologis embriogenesis, serta penerapan teknologi inkubasi yang presisi. Dalam ekosistem perbenihan intensif, upaya untuk meningkatkan derajat penetasan atau *Hatching Rate* (HR) bukan sekadar rutinitas teknis, melainkan sebuah orkestrasi variabel lingkungan dan intervensi biokimia yang bertujuan untuk meminimalkan mortalitas pada stadia awal. Analisis terkini menunjukkan bahwa inovasi dalam penggunaan bahan alami sebagai desinfektan dan penerapan sistem pemantauan otomatis berbasis digital menjadi arah masa depan yang signifikan bagi industri ini.

A. Karakteristik Fisik dan Biokimia Telur Ikan

Memahami karakteristik telur ikan merupakan landasan fundamental dalam menentukan strategi manajemen penetasan yang tepat. Telur ikan bukan hanya unit reproduksi sederhana, melainkan sistem biologis kompleks yang dirancang untuk melindungi embrio selama masa inkubasi. Karakteristik ini mencakup aspek morfologi, sifat adhesif, hingga komposisi biokimia yang menentukan daya tahan dan kecepatan perkembangan embrio.

B. Morfologi dan Struktur Telur

Secara struktural, telur ikan Teleostei umumnya dilindungi oleh lapisan luar yang kuat yang disebut korion atau selaput kapsul. Lapisan ini berfungsi sebagai pelindung fisik terhadap tekanan mekanis dan invasi mikroba. Di bawah korion, terdapat selaput vitelin dan selaput plasma yang mengelilingi plasma telur. Antara korion dan membran vitelin terdapat ruang perivitelin yang akan mengembang setelah fertilisasi terjadi akibat proses hidrasi. Salah satu fitur morfologis yang paling vital adalah mikropil, sebuah pori kecil pada korion yang menjadi satu-satunya jalur masuk bagi spermatozoa untuk melakukan pembuahan.

Berdasarkan kandungan kuning telurnya, ikan termasuk dalam kategori hewan telotesital, di mana kuning telur terkonsentrasi di satu kutub (kutub vegetatif), sementara protoplasma aktif berada di kutub yang berlawanan (kutub anima). Distribusi ini memiliki implikasi langsung terhadap pola pembelahan sel selama embriogenesis, di mana pembelahan hanya terjadi pada kutub anima yang kaya akan sitoplasma.

C. Klasifikasi Berdasarkan Sifat Fisik di Media Air

Dalam manajemen praktis di perbenihan, klasifikasi telur berdasarkan sifat adhesif dan densitasnya menjadi parameter utama dalam pemilihan wadah penetasan. Karakteristik ini menentukan apakah telur akan menempel pada substrat, melayang di kolom air, atau mengendap di dasar wadah.

Kategori Telur	Karakteristik Utama	Contoh Spesies
Adhesif	Memiliki lapisan pekat pada korion; menempel kuat pada substrat setelah fertilisasi.	Ikan Mas, Ikan Patin, Ikan Lele.
Non-Adhesif	Tidak memiliki daya rekat; cenderung bebas bergerak atau mengendap tergantung arus.	Ikan Nila, Ikan Tawes.
Pelagis	Memiliki butiran minyak (oil globule); mengapung di permukaan atau melayang di kolom air.	Ikan Kakap Putih, Kerapu Macan, Bawal Bintang.
Demersal	Memiliki bobot jenis lebih besar dari air; tenggelam ke dasar wadah jika tidak ada arus.	Ikan Perch, beberapa spesies air tawar.

Telur adhesif seperti pada ikan patin (*Pangasius sp.*) memerlukan penanganan khusus berupa penghilangan daya rekat (*de-sticking*) jika ingin ditetaskan menggunakan sistem corong resirkulasi guna mencegah penggumpalan yang memicu kematian embrio akibat kekurangan oksigen. Sebaliknya, telur pelagis seperti ikan laut memerlukan sistem dengan aerasi yang mampu menjaga posisi telur agar tidak terjebak pada tegangan permukaan air, yang sering diatasi dengan pemberian minyak cumi di permukaan air.

D. Komposisi Biokimia dan Kualitas Nutrisi

Kualitas telur secara biokimia sangat ditentukan oleh nutrisi yang dialokasikan oleh induk selama proses vitelogenesis. Vitelogenin, sebuah kompleks lipoprotein yang disintesis di hati induk, merupakan komponen utama penyusun kuning telur yang menyediakan energi dan blok bangunan bagi perkembangan jaringan embrio. Analisis pada ikan lele menunjukkan bahwa peningkatan kadar vitelogenin melalui suplementasi pakan induk dengan kurkumin dan tiroksin dapat meningkatkan kualitas telur,

yang ditunjukkan dengan diameter telur yang lebih besar dan derajat penetasan yang lebih tinggi.

Kandungan protein dan lipid dalam telur merupakan indikator vital bagi kelangsungan hidup larva setelah menetas. Telur ikan terbang, misalnya, memiliki kadar protein yang sangat tinggi mencapai 47,95%, sementara kandungan abu (mineral) sebesar 6,62%. Lipid dalam telur, terutama trigliserida dan fosfolipid, tidak hanya berfungsi sebagai cadangan energi tetapi juga menyediakan asam lemak esensial dan vitamin larut lemak (A, D, E, K) serta senyawa bioaktif seperti α -tokoferol dan karotenoid yang melindungi embrio dari kerusakan oksidatif.

Komponen Biokimia	Konsentrasi / Kadar	Fungsi Biologis dalam Penetasan
Vitelogenin	4,97 – 8,17 μ g/ml	Prekursor nutrisi utama bagi embriogenesis.
Protein Kasar	39,25% – 47,95%	Bahan pembentuk sel, jaringan, dan organ larva.
Lipid (Trigliserida)	3,11 – 4,89 mg/g	Sumber energi metabolik selama inkubasi.
Karotenoid	~245,37 ppm	Antioksidan alami bagi perkembangan embrio.
α -Tokoferol	~1,06 ppm	Melindungi membran sel dari oksidasi lipid.

E. **Dinamika Embriogenesis: Dari Fertilisasi hingga Penetasan**

Proses embriogenesis merupakan rangkaian transformasi seluler yang sangat teratur. Kecepatan dan keberhasilan proses ini sangat bergantung pada kondisi lingkungan abiotik, terutama suhu, yang bertindak sebagai katalisator kinetik bagi reaksi biokimia di dalam telur.

1. **Stadia Pembelahan dan Morula**

Segera setelah pembuahan, telur mengalami hidrasi dan sitoplasma berkumpul di kutub anima membentuk *blastodisk*. Fase pembelahan (*cleavage*) dimulai dengan satu sel membelah

menjadi 2, 4, 8, 16, hingga 32 sel. Pada tahap ini, ukuran sel (blastomer) semakin mengecil seiring bertambahnya jumlah sel karena tidak ada fase pertumbuhan volume di antara pembelahan. Kumpulan sel-sel ini kemudian membentuk struktur padat menyerupai bola yang disebut morula. Pada ikan zebra, stadia morula dicapai ketika jumlah blastomer berkisar antara 32 hingga 128 sel.

2. Gastrulasi dan Pembentukan Lapisan Germinal

Stadia blastula ditandai dengan terbentuknya rongga berisi cairan yang disebut blastosol di bawah lapisan sel blastoderm. Proses yang paling krusial berikutnya adalah gastrulasi, di mana sel-sel blastoderm mulai bergerak secara epiboli untuk menutupi massa kuning telur. Pada fase ini, terjadi diferensiasi menjadi tiga lapisan kecambah primer: ektoderm (pembentuk saraf dan kulit), mesoderm (pembentuk otot dan tulang), dan endoderm (pembentuk saluran pencernaan). Kegagalan pada stadia gastrula sering kali disebabkan oleh stres lingkungan atau toksisitas air, yang mengakibatkan terhentinya perkembangan embrio.

3. Organogenesis dan Mekanisme Pecahnya Cangkang

Stadia neurula dan organogenesis merupakan fase di mana struktur tubuh larva mulai terlihat jelas, termasuk pembentukan notokorda, somit (ruas tubuh), bintik mata, dan detak jantung awal. Menjelang penetasan, embrio menjadi sangat aktif bergerak di dalam korion. Mekanisme penetasan melibatkan dua proses sinergis: pelunakan korion secara enzimatik oleh enzim korionase (yang diproduksi oleh kelenjar penetasan) dan tekanan mekanik dari kibasan ekor embrio. Efektivitas enzim korionase ini sangat dipengaruhi oleh pH media, di mana pH netral cenderung basa (7,0–9,0) memberikan kondisi optimal bagi aktivitas enzimatik tersebut.

Fase Perkembangan	Deskripsi Visual dan Fisiologis	Implikasi Manajemen
Zigot & Cleavage	Pembentukan blastodisk dan pembelahan sel awal.	Sangat sensitif terhadap guncangan mekanis.
Morula	Massa sel padat menyerupai buah arbei.	Memerlukan suplai oksigen yang stabil.
Blastula	Terbentuknya rongga blastosol.	Awal pergerakan epiboli; fase kritis nutrisi.
Gastrula	Penutupan kuning telur oleh sel-sel blastoderm.	Titik rawan terhadap polutan dan fluktuasi pH.
Organogenesis	Pembentukan mata, somit, dan jantung yang berdetak.	Konsumsi oksigen meningkat secara drastis.
Penetasan	Larva keluar melalui pelunakan korion enzimatis.	Memerlukan pH air yang stabil untuk aktivasi enzim.

F. Wadah dan Teknologi Teknik Penetasan Telur

Pemilihan wadah penetasan harus disesuaikan dengan karakteristik biologi telur dan target kapasitas produksi. Inovasi wadah bertujuan untuk memaksimalkan aerasi, menjaga kebersihan telur, dan mempermudah pengumpulan larva.

1. Sistem Inkubasi Corong (Inkubator Zoug dan MacDonald)

Sistem corong merupakan teknologi yang paling efisien untuk spesies dengan telur non-adhesif atau telur adhesif yang telah dihilangkan daya rekatnya. Prinsip kerjanya adalah memanfaatkan aliran air dari bawah ke atas (*up-flow*) yang menciptakan turbulensi terkontrol, menjaga telur tetap melayang dan berputar secara konstan (*rolling*).

- Keunggulan Mekanis:** Pergerakan konstan ini memastikan setiap butir telur mendapatkan paparan oksigen terlarut secara merata dan mencegah penumpukan kotoran organik di permukaan telur. Selain itu, pergerakan ini merangsang

aktivitas embrio secara alami.

- b. **Efisiensi Hatching Rate:** Pada ikan nila, penggunaan inkubator corong sederhana dilaporkan mampu menghasilkan HR antara 87,7% hingga 88,3%. Studi perbandingan menunjukkan bahwa sistem inkubasi corong menghasilkan HR yang jauh lebih tinggi (67%) dibandingkan sistem air tenang (20%) karena kemampuannya dalam membilas sisa metabolit dan menjaga sirkulasi oksigen.

2. Sistem Penetasan pada Bak dan Aquarium (Intensif)

Untuk spesies ikan laut seperti kakap putih dan kerapu macan, penetasan biasanya dilakukan di bak beton atau fiber berkapasitas besar (10–30 ton) yang juga berfungsi sebagai bak pemeliharaan larva awal.

- a. **Manajemen Air Mengalir:** Teknik penetasan air mengalir (*flow-through*) sangat dianjurkan untuk menjaga stabilitas suhu dan membuang cangkang telur serta telur yang mati secara otomatis melalui saluran *outlet*.
- b. **Pencegahan Larva Terjebak:** Salah satu kendala pada telur pelagis adalah larva yang baru menetas cenderung terjebak pada tegangan permukaan air. Hal ini diatasi dengan meneteskan minyak cumi di permukaan air dekat titik aerasi untuk memecah tegangan permukaan, yang dilakukan hingga larva berumur 10 hari.

3. Inovasi IoT dan Otomatisasi dalam Penetasan

Integrasi teknologi digital dalam manajemen penetasan menjadi tren signifikan dalam lima tahun terakhir. Penggunaan sensor berbasis *Internet of Things* (IoT) memungkinkan pemantauan variabel kritis secara presisi dan *real-time*.

- a. **Sistem Monitoring:** Sensor seperti DHT11 atau DS18B20 digunakan untuk memantau suhu dan kelembapan ruang inkubasi, sementara sensor pH dan DO (*Dissolved Oxygen*) memantau kondisi media air secara langsung.² Data yang dikumpulkan dikirim melalui mikrokontroler (seperti

ESP8266 atau NodeMCU) ke aplikasi berbasis ponsel (seperti Blynk) yang memberikan notifikasi otomatis jika parameter melampaui batas toleransi.

- b. **Keuntungan Operasional:** Otomatisasi ini mengurangi ketergantungan pada pemantauan manual yang rentan terhadap kesalahan manusia, memastikan stabilitas lingkungan inkubasi yang sangat diperlukan bagi perkembangan embrio yang sinkron.

G. Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Daya Tetas (Hatching Rate)

Daya tetas telur merupakan resultante dari kualitas genetik induk, nutrisi, dan lingkungan media inkubasi. Ketidakseimbangan pada salah satu faktor ini dapat mengakibatkan kegagalan penetasan massal.

1. Pengaruh Suhu terhadap Metabolisme Embrio

Suhu bertindak sebagai pengatur laju reaksi biokimia dalam tubuh ikan yang bersifat poikiloterm. Setiap spesies memiliki rentang suhu optimal di mana aktivitas metabolik embrio berjalan paling efisien.

- a. **Optimalitas:** Untuk ikan *silver barb*, suhu optimal 26°C menghasilkan HR tertinggi sebesar 93% dengan waktu penetasan tercepat (12,93 jam). Sebaliknya, suhu di bawah 24°C pada kerapu macan cenderung mengakibatkan perkembangan embrio yang abnormal dan terhentinya pertumbuhan pada stadia gastrula.
- b. **Efek Ekstrem:** Suhu yang terlalu tinggi dapat mendenaturasi enzim penetasan dan meningkatkan konsumsi energi embrio secara berlebihan, sementara suhu rendah dapat menghambat pembelahan sel dan memperpanjang masa inkubasi, yang meningkatkan risiko infeksi jamur.

2. Peran Penting pH dan Aktivitas Enzim Korionase

Derajat keasaman (pH) air media penetasan memiliki dampak langsung pada integritas korion dan efektivitas enzim penetasan.

- a. **Aktivasi Enzim:** Enzim korionase bekerja paling efektif pada kondisi pH sedikit basa. Penelitian pada ikan mas koki dan nilam menunjukkan bahwa pH 9,0 menghasilkan derajat penetasan terbaik (93,3%–95%).
- b. **Kondisi Asam:** Pada kondisi pH rendah atau asam (seperti pada air hujan murni dengan pH 5,6), perkembangan embrio dapat terhambat karena korion gagal melunak, sehingga embrio kesulitan untuk pecah keluar. Namun, penelitian lain menunjukkan bahwa telur ikan mas masih menunjukkan toleransi yang cukup baik terhadap variasi air hujan selama parameter lainnya terkendali.

3. Oksigen Terlarut dan Kepadatan Telur

Oksigen merupakan pembatas utama dalam penetasan intensif. Embrio yang sedang berkembang melakukan respirasi aktif yang meningkat seiring dengan kemajuan stadia perkembangan.

- a. **Dinamika DO:** Oksigen terlarut memiliki pengaruh yang sangat besar (sekitar 86,21%) terhadap daya tetas telur nila dibandingkan faktor suhu dan pH. Kadar DO minimal di atas 5 ppm harus dipertahankan untuk memastikan kelangsungan hidup embrio.
- b. **Kepadatan Optimal:** Kepadatan telur yang terlalu tinggi dalam wadah penetasan akan mengakibatkan kompetisi oksigen dan akumulasi kotoran organik yang memicu pertumbuhan bakteri. Pada ikan tawes, kepadatan optimal adalah 20 butir/liter air, yang menghasilkan HR sebesar 89,83%. Peningkatan kepadatan hingga 40 butir/liter mempercepat waktu penetasan secara semu namun menurunkan total HR karena penurunan kualitas lingkungan mikro di sekitar telur.

Faktor Lingkungan	Kisaran Optimal	Dampak Terhadap Daya Tetas
Suhu	26 – 31°C	Mengatur kecepatan metabolisme dan pembelahan sel.
pH	7,0 – 9,0	Mengaktifkan enzim korionase untuk pelunakan cangkang.
Oksigen (DO)	> 5 ppm	Menjamin suplai energi respirasi embrio.
Salinitas	29 – 32 ppt	Menjaga keseimbangan osmotik telur (khusus ikan laut).
Kepadatan Telur	20 butir / liter	Mencegah hipoksia lokal dan penyebaran jamur.

H. Penanganan Telur dan Manajemen Kesehatan

Manajemen penetasan tidak berakhir pada saat telur dimasukkan ke wadah. Penanganan pasca-pembuahan dan pencegahan penyakit merupakan tahapan krusial untuk memastikan larva yang menetas sehat dan memiliki kelangsungan hidup yang tinggi.

1. Teknik Penanganan dan Pembersihan Telur

Setelah proses pemijahan (baik alami maupun buatan melalui *stripping*), telur harus segera dibersihkan dari sisa sperma, darah, dan kotoran organik lainnya menggunakan air bersih. Sisa sperma yang tidak tercuci dapat menjadi media pertumbuhan bakteri yang sangat cepat.

- a. **Penghilangan Daya Rekat (De-sticking):** Untuk telur adhesif yang akan ditetaskan dalam corong, penggunaan suspensi tanah liat merah (1 kg tanah liat dalam 2 liter air yang direbus dan disaring) adalah metode standar profesional. Telur dicuci dengan suspensi ini hingga lapisan lengket korion tertutup partikel tanah, sehingga telur menjadi bebas bergerak.

- b. **Aklimatisasi:** Sebelum penebaran ke wadah penetasan, telur harus melalui proses aklimatisasi suhu dan pH selama 10–15 menit untuk mencegah stres osmotik yang dapat menyebabkan kematian embrio seketika.

2. Pengendalian Jamur *Saprolegnia* sp. Menggunakan Bahan Alami

Jamur *Saprolegnia* sp. merupakan ancaman terbesar selama masa inkubasi. Jamur ini menyerang telur yang mati (infertil) dan dengan cepat menyebar ke telur yang sehat di sekitarnya, menyelimuti telur dengan miselium putih yang menghalangi pertukaran gas.

Penggunaan desinfektan alami (fitofarmaka) kini lebih diutamakan karena sifatnya yang ramah lingkungan dan minim risiko resistensi dibandingkan bahan kimia sintetis seperti Malachite Green.

- a. **Ekstrak Daun Kelor (*Moringa oleifera*):** Mengandung senyawa aktif flavonoid, tanin, dan saponin. Dosis 60 ppm melalui metode perendaman selama 20 menit sebelum inkubasi terbukti paling efektif dalam menekan prevalensi jamur (menjadi 12,78%) dan meningkatkan HR hingga 93,42% pada ikan nila.
- b. **Ekstrak Bunga Kecombrang:** Mengandung fenol, alkaloid, dan flavonoid. Perendaman telur lele selama 20 menit dalam ekstrak bunga kecombrang dosis 60 ppm mampu memberikan daya tetas tertinggi (72,50%) dengan tingkat serangan jamur terendah.
- c. **Ekstrak Daun Sirih:** Senyawa minyak atsiri dan flavonoid dalam daun sirih bekerja dengan cara merusak dinding sel jamur. Perendaman selama 15 menit memberikan perlindungan optimal bagi telur gurami terhadap saprolegniasis.

I. Manajemen Pasca-Penetasan dan Penanganan Larva

Larva yang baru menetas (pro-larva) memiliki kondisi tubuh yang belum sempurna dan masih membawa cadangan kuning telur (*yolk sac*). Penanganan pada fase ini sangat menentukan tingkat kelangsungan hidup (*Survival Rate/SR*).

1. **Pemisahan Larva:** Larva harus segera dipisahkan dari cangkang telur dan telur yang mati untuk menghindari pencemaran organik. Pada sistem corong, larva yang menetas biasanya secara otomatis berenang menuju *outlet* dan ditampung di bak khusus.
2. **Kualitas Air Larva:** Larva ikan laut seperti kerapu memerlukan kondisi air yang sangat stabil dengan suhu 28–30°C dan salinitas 30–32 ppt. Penggantian air biasanya belum dilakukan pada hari ke-1 hingga ke-7 (D1-D7) untuk mencegah stres mekanik, dan baru dimulai secara bertahap (5% per hari) pada hari ke-8.
3. **Pengaturan Cahaya:** Larva sering kali bersifat fotosensitif. Di hatchery profesional, penggunaan lampu senter digunakan untuk mengumpulkan larva normal (yang tertarik cahaya) agar mudah dipindahkan, sementara larva cacat yang mengendap di dasar wadah dibuang melalui proses penyiponan.

J. Implikasi Strategis Manajemen Penetasan Telur

Manajemen penetasan telur ikan merupakan integrasi multidisiplin yang memerlukan akurasi tinggi pada setiap tahapannya. Karakteristik telur ikan, baik dari aspek morfologi korion maupun komposisi biokimia lipid dan protein, menentukan kebutuhan lingkungan mikro selama masa inkubasi. Dinamika embriogenesis yang sangat sensitif terhadap parameter fisika-kimia air menuntut penggunaan wadah penetasan yang mampu menjamin stabilitas suhu, pH, dan oksigenasi, di mana sistem inkubasi corong (Zoug/MacDonald Jar) tetap menjadi standar emas untuk efisiensi produksi benih secara massal.

Faktor lingkungan seperti suhu (optimal 26–31°C) dan pH (optimal 7,0–9,0) terbukti secara signifikan mengontrol keberhasilan penetasan melalui pengaturan metabolisme embrio

dan aktivasi enzim korionase. Sementara itu, ancaman jamur *Saprolegnia sp.* kini dapat dikendalikan secara lebih aman menggunakan ekstrak alami dari tumbuhan seperti daun kelor dan bunga kecombrang, yang tidak hanya meningkatkan daya tetas tetapi juga menjaga kualitas lingkungan perairan.

Arah masa depan manajemen penetasan terletak pada penguatan teknologi pemantauan otomatis berbasis IoT dan optimasi nutrisi induk untuk menghasilkan telur dengan cadangan energi yang lebih kuat. Dengan menerapkan manajemen yang integratif dan berbasis data, produsen benih dapat meminimalkan risiko kegagalan penetasan, meningkatkan produktivitas hatchery, dan pada akhirnya menjamin keberlanjutan pasokan benih ikan berkualitas tinggi bagi industri akuakultur global. Penguasaan teknik de-sticking, penanganan larva fotosensitif, dan desinfeksi alami menjadi kompetensi inti yang harus dimiliki oleh setiap praktisi perbenihan ikan modern.

Daftar Acuan

1. 423 PENGARUH EKSTRAK DAUN KELOR UNTUK MENCEGAH ..., accessed April 10, 2026, <https://ejournal.unibabwi.ac.id/index.php/lemuru/article/download/2900/2100/15996>
2. Sistem Kontrol & Monitoring Mesin Penetas Telur Berbasis Iot (Internet Of Things) - Portal E-Journal Politeknik Bosowa Makassar, accessed April 10, 2026, <https://journal.politeknikbosowa.ac.id/JMAPLE/article/view/290>
3. Sifat Dan Karakteristik Telur Ikan | PDF - Scribd, accessed April 10, 2026, <https://id.scribd.com/document/522379873/Sifat-dan-Karakteristik-Telur-Ikan>
4. Pembuahan buatan dan teknik inkubasi telur - Horizon IRD, accessed April 10, 2026, https://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/divers14-02/010055587.pdf
5. 4. HASIL DAN PEMBAHASAN 4.1 Perkembangan Embrio, accessed April 10, 2026, <https://repository.ub.ac.id/11682/3/BAB%20IV.pdf>
6. (PDF) Derajat Pembuahan dan Penetasan Telur ... - ResearchGate, accessed April 10, 2026, https://www.researchgate.net/publication/354504350_Derajat_Pembuahan_dan_Penetasan_Telur_Pertumbuhan_dan_Kelangsungan_Hidupan_Larva_Ikan_Kakap_Putih_Lates_calcarifer
7. Efektivitas Lama Perendaman Telur Ikan Lele Sangkuriang dalam Ekstrak Bunga Kecombrang untuk Mencegah Serangan Jamur Saprolegnia - Semantic Scholar, accessed April 10, 2026, <https://pdfs.semanticscholar.org/e937/ff5771e239858e2280ffcf7c1888ba0b44ff.pdf>
8. 2614-2856 - PENGARUH MEDIA PENETASAN BERBEDA ..., accessed April 10, 2026, <https://jurnal.unigo.ac.id/index.php/gfj/article/view/3343/1312>
9. PENGARUH TINGKAT KEPADATAN TELUR YANG BERBEDA ..., accessed April 10, 2026, <https://ejournal2.undip.ac.id/index.php/sat/article/view/4643>

10. TEKNIK PEMELIHARAAN LARVA KERAPU MACAN (Epinephelus ...), accessed April 10, 2026, <https://journal.ibrahimy.ac.id/index.php/JSAPI/article/download/198/185>
11. (PDF) Efficacy of formalin, iodine and sodium chloride in improvement of egg hatching rate and fry survival prior to the onset of exogenous feeding in yellow perch - ResearchGate, accessed April 10, 2026, https://www.researchgate.net/publication/270825145_Efficacy_of_formalin_iodine_and_sodium_chloride_in_improvement_of_egg_hatching_rate_and_fry_survival_prior_to_the_onset_of_exogenous_feeding_in_yellow_perch
12. KUALITAS DAN PERFORMA TELUR IKAN LELE (Clarias gariepinus) YANG DIHASILKAN OLEH INDUK - cover jurnal saintek perikanan, accessed April 10, 2026, <https://ejournal.undip.ac.id/index.php/saintek/article/viewFile/26414/19248>
13. Jurnal 18-3.indd - ResearchGate, accessed April 10, 2026, https://www.researchgate.net/publication/307844195_Profile_of_Fatty_Acids_Amino_Acids_Carotenoid_Total_and_a-Tocopherol_from_Flying_Fish_Eggs/fulltext/57ceb8e408aed678970100ed/Profile-of-Fatty-Acids-Amino-Acids-Carotenoid-Total-and-a-Tocopherol-from-Flying-Fish-Eggs.pdf
14. Evaluasi Komposisi Nutrisi dan Deteksi Timbal Tepung Telur Ikan Sapu-Sapu (Pterygoplichthys sp. - Universitas Hasanuddin, accessed April 10, 2026, <https://journal.unhas.ac.id/index.php/torani/article/view/46360/13841>
15. Depik - Jurnal USK, accessed April 10, 2026, <https://jurnal.usk.ac.id/depik/article/download/13916/pdf>
16. KAJIAN SUHU YANG BERBEDA TERHADAP DAYA TETAS DAN PERKEMBANGAN TELUR IKAN TAWES (Barbonymus gonionotus) (Skripsi) Oleh NURUL ZIKR - Digilib Unila, accessed April 10, 2026, <http://digilib.unila.ac.id/32239/3/SKRIPSI%20TANPA%20BAB%20PEMBAHASAN.pdf>

- 17.27 4. HASIL DAN PEMBAHASAN 4.1 Perkembangan Embrio
Pengamatan perkembangan embrio dilakukan setelah fertilisasi.
Pembuahan terja, accessed April 10, 2026,
<https://repository.ub.ac.id/11701/2/BAB%20IV.pdf>
18. Bagaimana Fase Perkembangan Embrio (Embriogenesis)? - Morula
IVF, accessed April 10, 2026,
<https://www.morulaivf.co.id/id/blog/perkembangan-embrio/>
19. (PDF) PERKEMBANGAN EMBRIO DAN PERFORMA AWAL
LARVA IKAN TENGADAK (*Barbonymus schwanennfeldii*) -
ResearchGate, accessed April 10, 2026,
https://www.researchgate.net/publication/365329083_PERKEMBANGAN_EMBRIO_DAN_PERFORMA_AWAL_LARVA_IKAN_TENGADAK_Barbonymus_schwanennfeldii
20. Pengaruh Perbedaan pH Terhadap Daya Tetas Telur Ikan Mas Koki
(*Carassius auratus*), accessed April 10, 2026,
<https://repository.ub.ac.id/id/eprint/224170/>
21. Derajat Penetasan Telur Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*) yang
Diinkubasi dengan Kepadatan Berbeda Menggunakan Inkubator
Sederhana (Zoug Jar) | Anton | Jurnal Salamata, accessed April 10,
2026, <https://ejournal-balitbang.kkp.go.id/index.php/salamata/article/view/13552>
22. Juknis PERBENIHAN BAWAL BINTANG (*Trachinotus ...* - PPID
KKP, accessed April 10, 2026,
https://ppid.kkp.go.id/media/uploads/document_regulation/juknis_PERBENIHAN_BAWAL_BINTANG_BBPBL.pdf
23. Mesin Penetas Telur Otomatis Berbasis Internet of Things (IoT) |
Nasiyah - E-Journal UNUJA, accessed April 10, 2026,
<https://ejournal.unuja.ac.id/index.php/core/article/view/9520>
24. Sistem Monitoring Suhu Pada Inkubator Penetas Telur Berbasis IoT
| Yunus | LINIER, accessed April 10, 2026,
<https://jurnal.fikom.umi.ac.id/index.php/LINIER/article/view/2538>
25. Monitoring Kinerja Mesin Tetas Otomatis Berbasis Internet Of
Things - Jurnal, accessed April 10, 2026,
<https://jurnal.poliupg.ac.id/index.php/JTE/article/download/3501/pdf/9774>

26. Pengaruh Kualitas Air Terhadap Daya Tetas Telur Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*) Ditambah Ekstrak Daun Pepaya (*Carica papaya*) - ResearchGate, accessed April 10, 2026, https://www.researchgate.net/profile/Husain-Latuconsina/publication/373602034_Pengaruh_Kualitas_Air_Terhadap_Daya_Tetas_Telur_Ikan_Nila_Oreochromis_niloticus_Ditambah_Ekstrak_Daun_Pepaya_Carica_papaya_dengan_Dosis_Berbeda_The_Effect_of_Water_Quality_on_Egg_Hatchability_of_Nile_/links/64f2b68548c07f3da3cdf39a/Pengaruh-Kualitas-Air-Terhadap-Daya-Tetas-Telur-Ikan-Nila-Oreochromis-niloticus-Ditambah-Ekstrak-Daun-Pepaya-Carica-papaya-dengan-Dosis-Berbeda-The-Effect-of-Water-Quality-on-Egg-Hatchability-of-Nile.pdf
27. Pengaruh Nilai pH yang Berbeda Terhadap Hasil Penetasan Telur Ikan Nilem (*Osteochillus vittatus*) - ejournal uncen, accessed April 10, 2026, <https://ejournal.uncen.ac.id/index.php/ACR/article/download/3488/2546>
28. Perencanaan waktu tetas telur ikan kerapu dengan penggunaan suhu inkubasi yang berbeda - Semantic Scholar, accessed April 10, 2026, <https://pdfs.semanticscholar.org/e321/078f95e4cf94da1d50ed22b52edcb2961618.pdf>
29. DAYA TETAS TELUR IKAN BASTER (*Carassius auratus*) PADA AIR - Jurnal Untirta, accessed April 10, 2026, <https://jurnal.untirta.ac.id/index.php/jpk/article/download/32588/15600>
30. PEMBESARAN BAWAL BINTANG (*Trachinotus blochii*) - PPID KKP, accessed April 10, 2026, https://ppid.kkp.go.id/media/uploads/document_regulation/JUKNIS_BUDIDAYA_PEMBESARAN_BAWAL_BINTANG.pdf
31. (PDF) PENGENDALIAN JAMUR *Saprolegnia* sp PADA TELUR IKAN TAWES (*Puntius javanicus*) MENGGUNAKAN EKSTRAK DAUN BUNGA TAHI AYAM (*Tagetes erecta* L) - ResearchGate, accessed April 10, 2026, https://www.researchgate.net/publication/342628028_PENGENDALIAN_JAMUR_Saprolegnia_sp_PADA_TELUR_IKAN_TAWES_MENGGUNAKAN_EKSTRAK_DAUN_BUNGA_TAHI_AYAM_Tagetes_erecta_L

DALIAN_JAMUR_Saprolegnia_sp_PADA_TELUR_IKAN_TAWES_Puntius_javanicus_MENGGUNAKAN_EKSTRAK_DAUN_BUNGA_TAHI_AYAM_Tagetes_erecta_L

32. THE STUDY OF MALACHITE GREEN AS DISINFECTANT OF FUNGUS *Saprolegnia* sp TO THE PREVALENCE AND HATCHING RATE - E-Journal Unitomo, accessed April 10, 2026, <https://ejournal.unitomo.ac.id/index.php/perikanan/article/download/264/167>
33. Efektivitas Anti Jamur Perasan Daun Sirih (*Piper betle* L.) Terhadap Daya Tetas Telur dan Kelangsungan Hidup Larva Ikan Gurami (- Jurnal, accessed April 10, 2026, <https://jurnal.univpgripalembang.ac.id/index.php/sainmatika/article/download/9308/6291>

BAB 6 TATA KELOLA LARVA DAN BENIH IKAN



Gambar. 6.1. Infografis Tata Kelola Larva dan Benih Ikan

Industri akuakultur global saat ini berada pada titik krusial di mana permintaan terhadap protein hewani asal perairan terus meningkat secara eksponensial, sementara ketersediaan sumber daya alam semakin terbatas. Di Indonesia, sektor ini telah menunjukkan performa yang mengesankan, khususnya pada komoditas udang vaname (*Penaeus vannamei*) yang mencatatkan produksi sebesar 650.000 ton pada tahun 2020. Keberhasilan produksi pada skala industri tersebut sangat bergantung pada efisiensi di tingkat unit perbenihan (*hatchery*), yang bertanggung jawab menyediakan benih berkualitas tinggi secara berkelanjutan. Manajemen larva dan benih bukan sekadar aktivitas rutin pemeliharaan, melainkan sebuah orkestrasi kompleks yang melibatkan pemahaman mendalam tentang fisiologi organisme, dinamika biokimia air, serta integrasi teknologi mekanisasi dan digitalisasi. Kualitas benih yang dihasilkan menjadi penentu utama keberhasilan di tambak pembesaran, di mana variabel pertumbuhan, daya tahan terhadap penyakit, dan rasio konversi pakan sangat dipengaruhi oleh penanganan pada fase awal kehidupan.

A. Manajemen Perawatan Larva dan Protokol Biosekuriti

Perawatan larva merupakan fase yang paling rapuh dalam siklus hidup organisme akuatik karena sistem organ dan sistem imun mereka belum terbentuk dengan sempurna. Pada udang vaname, larva melewati serangkaian metamorfosis yang cepat, mulai dari stadia naupli, zoea, mysis, hingga mencapai tahap post-larva (PL). Setiap transisi stadia menuntut perubahan dalam manajemen lingkungan dan nutrisi. Sebagai contoh, pada fase naupli 1 hingga 5, larva masih mengonsumsi cadangan kuning telur dan sangat sensitif terhadap perubahan suhu mendadak, sehingga pemantauan dilakukan secara intensif setiap tiga jam menggunakan mikroskop untuk memastikan perkembangan yang seragam. Kesalahan kecil dalam pengelolaan suhu atau oksigen pada tahap ini dapat mengakibatkan kegagalan satu siklus produksi secara total.

Implementasi sistem biosekuriti yang ketat menjadi garda terdepan dalam menjaga kelangsungan hidup larva. Di fasilitas perbenihan modern, protokol sanitasi mencakup penggunaan *footbath* dengan larutan kaporit 200 mg/L dan desinfeksi tangan menggunakan alkohol 70% bagi setiap personel yang masuk ke area produksi. Selain itu, persiapan wadah pemeliharaan harus mengikuti prosedur standar yang meliputi pembersihan bak, pengeringan selama minimal 12 jam di bawah sinar matahari, serta sterilisasi peralatan untuk memutus siklus hidup patogen potensial. Persiapan air media juga krusial, di mana air harus diendapkan dan diberi aerasi selama 2-3 hari untuk menstabilkan parameter kimia dan menghilangkan sisa kaporit jika menggunakan sumber air PDAM.

Spesies	Stadia Kritis	Durasi Pemeliharaan	Indikator Keberhasilan (SR)
Udang Vaname	Zoea 1 - Mysis	15 - 20 Hari	55 - 62%
Ikan Lele	Larva Hari ke 2-8	6 - 7 Hari	63%
Udang Galah	Larva Stadia 1-11	25 - 30 Hari	13 - 17%
Ikan Kakap Putih	Pendederan Awal	45 Hari	30.77%

Dalam budidaya ikan air tawar seperti lele (*Clarias gariepinus*), manajemen larva dimulai pasca-penetasan telur yang biasanya memakan waktu sekitar 48 jam tergantung pada suhu lingkungan. Larva ikan lele tidak diberi makan pada hari pertama karena masih memiliki cadangan kuning telur, namun mulai hari kedua, pemberian pakan alami yang tepat sangat menentukan laju pertumbuhan awal. Di sisi lain, komoditas seperti udang galah memerlukan perhatian lebih intensif pada sistem "indoor" dengan frekuensi pemberian pakan setiap dua jam sekali mulai pukul 08.00 hingga 16.00 WIB untuk menekan kanibalisme dan memastikan asupan energi yang cukup.⁷ Rendahnya nilai *Survival Rate* (SR) pada udang galah (13-17%) dibandingkan udang vaname menunjukkan adanya tantangan fisiologis yang lebih besar dalam manajemen larva spesies ini, yang memerlukan optimasi lebih lanjut pada aspek nutrisi dan kualitas air.

B. Strategi Manajemen Pakan Alami: Produksi dan Pengkayaan

Pakan alami tetap memegang peranan vital dalam fase larva karena keunggulan dalam hal ukuran yang sesuai dengan bukaan mulut, pergerakan yang memicu insting makan, serta kandungan enzim pencernaan alami yang membantu sistem pencernaan larva yang belum sempurna. Manajemen pakan alami melibatkan dua jalur utama: produksi fitoplankton dan kultur zooplankton. Fitoplankton seperti *Nannochloropsis oculata* tidak hanya berfungsi

sebagai pakan langsung bagi larva stadia awal, tetapi juga sebagai media pengkayaan bagi zooplankton dan agen pengendali kualitas air melalui proses fotosintesis yang menyerap amonia.²

1. Kultur dan Pengkayaan Rotifera dan Artemia

Zooplankton, khususnya Rotifera (*Brachionus plicatilis*) dan Artemia, merupakan jembatan nutrisi utama bagi larva ikan dan udang. Namun, zooplankton tersebut secara alami seringkali tidak memiliki profil asam lemak yang optimal untuk kebutuhan larva karnivora. Oleh karena itu, teknik pengkayaan (*enrichment*) menggunakan emulsi minyak ikan atau bahan yang mengandung asam lemak esensial tak jenuh tinggi (*Highly Unsaturated Fatty Acids/HUFA*) seperti Omega-3 (DHA, EPA, ARA) menjadi kewajiban dalam operasional perbenihan. Protokol pengkayaan rotifera dilakukan selama 6-8 jam, sedangkan untuk artemia membutuhkan waktu lebih lama, yakni 8-12 jam, untuk memastikan nutrisi terserap sempurna ke dalam tubuh zooplankton sebelum dikonsumsi oleh larva.

Pemberian rotifera pada larva ikan seringkali dilakukan dengan jadwal yang ketat. Sebagai contoh, rotifera tipe "SS" diberikan pada larva berumur 3 hari dengan kepadatan 5-6 individu/mL, dan seiring pertumbuhan larva, jenisnya diganti menjadi tipe "S" mulai umur 5 hari. Pemantauan kepadatan pakan alami di bak larva dilakukan setiap pagi dan sore hari; jika kepadatan turun di bawah ambang batas minimal, penambahan segera dilakukan untuk mencegah kelaparan dan kanibalisme. Efisiensi dalam manajemen pakan alami ini secara langsung berkorelasi dengan laju pertumbuhan harian; penelitian pada larva udang menunjukkan bahwa pemberian Artemia beku dapat menghasilkan laju pertumbuhan 0,33 mg/hari, lebih tinggi dibandingkan pakan buatan murni pada fase awal.

2. Optimalisasi Pakan Alami Air Tawar: Tubifex dan Daphnia

Untuk komoditas air tawar, cacing sutra (*Tubifex sp.*) adalah pakan alami paling unggul karena kandungan proteinnya yang sangat tinggi, mencapai 55-66%, serta kaya akan asam amino esensial dan lemak. Tantangan utama

penggunaan cacing sutra adalah ketersediaannya yang fluktuatif dan risiko membawa patogen dari alam. Solusi modern adalah melakukan budidaya cacing sutra secara terkontrol menggunakan media lumpur yang diperkaya fermentasi organik (dedak, ampas tahu, dan EM4). Teknik fermentasi lokal ini mampu meningkatkan biomassa cacing hingga 80-120 g/m², memberikan sumber protein yang stabil bagi larva lele atau gurame.

Selain cacing sutra, *Daphnia sp.* dan *Moina sp.* digunakan secara luas dalam perbenihan ikan air tawar. *Daphnia* mengandung enzim pencernaan yang berfungsi sebagai enzim eksogen bagi larva, meskipun memiliki kandungan khitin pada eksoskeletonnya yang memerlukan perhatian pada ukuran larva yang mampu mengonsumsinya. Kultur *Daphnia* dapat dilakukan menggunakan kotoran ayam kering atau kompos sebagai pupuk awal, dengan waktu panen sekitar 21 hari setelah inokulasi.

Jenis Pakan Alami	Kandungan Protein (%)	Kandungan Lemak (%)	Aplikasi Stadia
<i>Nannochloropsis</i>	Variabel	Tinggi HUFA	Larva Awal / Pengkaya
Rotifera (Enriched)	50 - 60	Tinggi Omega-3	Larva Ikan D-3 s/d D-30
Artemia (Naupli)	50 - 55	18 - 20	Zoea 3 s/d PL 10

3. Dinamika Peralihan ke Pakan Buatan (Weaning)

Proses *weaning* atau transisi dari pakan alami ke pakan buatan merupakan salah satu tahap paling kritis yang menentukan keberhasilan ekonomi suatu perbenihan. Pakan alami, meskipun unggul secara nutrisi, memiliki biaya produksi yang tinggi dan risiko kontaminasi biologis yang besar. Namun, peralihan yang terlalu dini atau mendadak dapat menyebabkan "stunting" (kekerdilan) atau kematian massal karena sistem

pencernaan larva belum siap memproses protein kompleks dari bahan pakan inert. Strategi yang paling efektif adalah menggunakan metode *co-feeding*, di mana pakan alami dan pakan buatan diberikan secara bersamaan dengan perbandingan yang berubah secara bertahap.

4. Rekayasa Nutrisi Mikrodiet dan Stabilitas Air

Pakan buatan untuk larva, yang sering disebut sebagai mikrodiet, harus memenuhi kriteria fisik dan kimia yang sangat spesifik. Formulasi mikrodiet modern menargetkan kandungan fosfolipid sebesar 5-15% dari total lipid untuk meniru komposisi pakan alami seperti krill oil. Fosfolipid sangat krusial dalam pembentukan membran sel dan perkembangan sistem saraf pusat larva. Selain itu, penambahan *attractant* seperti hidrolisat protein ikan atau tepung krill sebanyak 1-5% terbukti mampu memicu respons makan larva secara instan, yang sangat penting untuk mempercepat proses adaptasi terhadap pakan baru.

Masalah utama mikrodiet adalah stabilitasnya di dalam air. Nutrien yang terlarut ke air sebelum sempat dimakan oleh larva tidak hanya mengakibatkan pemborosan biaya tetapi juga merusak kualitas air secara masif, memicu pertumbuhan bakteri merugikan. Oleh karena itu, penggunaan bahan pengikat (*binder*) yang berkualitas seperti gelatin, alginat, atau karagenan sangat diperlukan untuk memastikan pakan tetap utuh minimal 90% setelah satu jam perendaman. Pada udang, teknologi mikrodiet saat ini sudah sangat maju sehingga penggantian penuh *Artemia* oleh mikrodiet mulai dari stadia tertentu sudah dapat tercapai secara komersial dengan hasil pertumbuhan yang menyamai pakan hidup.

5. Inovasi Pakan Berbasis Maggot

Salah satu inovasi terbaru dalam manajemen pakan larva ikan air tawar (seperti patin dan lele) adalah penggunaan pakan berbahan dasar maggot (*Black Soldier Fly*). Penelitian menunjukkan bahwa variasi mikrodiet berbasis maggot mampu meningkatkan kelulushidupan larva patin hingga 87% dengan laju pertumbuhan spesifik (SGR) mencapai 28,73% per hari. Keunggulan maggot terletak pada profil asam aminonya yang

lengkap dan kandungan antimikroba alami yang dapat meningkatkan daya tahan tubuh larva terhadap penyakit. Penggunaan pakan kombinasi antara cacing sutra dan mikrodiet maggot memberikan hasil optimal dalam mengurangi tingkat abnormalitas pada larva, yang sering terjadi akibat kekurangan nutrisi spesifik selama fase kritis pertumbuhan tulang.

C. Manajemen Kualitas Air: Parameter Kritis dan Teknologi Pengolahan

Kualitas air adalah faktor pembatas utama dalam sistem perbenihan intensif. Larva akuatik hidup dalam kontak konstan dengan media air, sehingga setiap perubahan parameter kimia atau fisik akan langsung berdampak pada homeostasis tubuh mereka. Parameter seperti suhu, pH, dan oksigen terlarut (DO) harus dijaga pada kisaran optimal, sementara produk sisa metabolisme seperti amonia dan nitrit harus segera dihilangkan.

1. Pengendalian Parameter Fisika-Kimia

Suhu air memiliki korelasi langsung dengan laju metabolisme; suhu yang terlalu rendah akan memperlambat pertumbuhan dan penetasan telur, sementara suhu yang terlalu tinggi akan menurunkan kelarutan oksigen dan meningkatkan toksisitas amonia. Pada perbenihan ikan nila dan mas, suhu optimal berkisar antara 25-29°C. Sementara itu, pH air harus dipertahankan antara 6,5 hingga 8,5; kenaikan pH di atas 8,5 akan secara drastis meningkatkan konsentrasi amonia tak terionisasi NH_3 yang sangat beracun bagi larva.

Manajemen oksigen terlarut (DO) merupakan variabel yang paling kritis. Ikan nila, misalnya, membutuhkan (DO) minimal 3 mg/L untuk tumbuh dan berkembang, namun dalam sistem intensif, target optimal seringkali dipatok di atas 5-6 mg/L untuk mengantisipasi lonjakan konsumsi oksigen pasca-pemberian pakan. Penggunaan aerasi 24 jam nonstop wajib dilakukan pada perbenihan nila karena sifatnya yang sangat sensitif terhadap hipoksia, berbeda dengan lele yang memiliki organ pernapasan tambahan dan lebih toleran terhadap oksigen

rendah pada fase tertentu.

Parameter	Satuan	Kisaran Optimal (Larva Udang)	Kisaran Optimal (Larva Ikan)
Suhu	°C	30 - 34	25 - 29
Salinitas	ppt	31 - 33	0 - 5 (Tergantung Spesies)
pH	-	7.7 - 8.3	6.5 - 8.5
Oksigen Terlarut	mg/L	4.5 - 5.5	> 5.0
Amonia (NH ₃)	mg/L	< 0.01	< 0.02
Nitrat (NO ₃)	mg/L	< 50	20 - 60

2. Implementasi Sistem Resirkulasi (RAS) dan Bioflok

Untuk mengatasi keterbatasan lahan dan air, serta meningkatkan kontrol terhadap lingkungan, teknologi *Recirculating Aquaculture System* (RAS) menjadi solusi unggul. Prinsip utama RAS adalah pemanfaatan air secara berulang melalui sistem filtrasi bertingkat yang mencakup filtrasi mekanis (penyaringan partikel), filtrasi kimia, dan filtrasi biologi.¹⁸ Filtrasi biologi adalah jantung dari sistem RAS, di mana bakteri nitrifikasi mengoksidasi amonia menjadi nitrit, dan selanjutnya menjadi nitrat yang jauh kurang beracun. Penerapan RAS pada perbenihan intensif terbukti mampu meningkatkan padat tebar hingga 100 kali lipat dibandingkan sistem konvensional, di mana padat tebar nila dapat mencapai 5.000 ekor/m³ dibandingkan hanya 50 ekor/m² pada sistem tradisional.

Selain RAS, sistem Bioflok juga banyak diterapkan dalam perbenihan lele dan nila. Sistem ini mengandalkan penambahan sumber karbon (seperti molase) dan probiotik (*EM4*) ke dalam air untuk memicu pertumbuhan bakteri heterotrof yang akan menyerap nitrogen anorganik dan mengubahnya menjadi

protein mikroba (flok) yang dapat dimakan kembali oleh ikan. Penggunaan garam sebanyak 300-500 gram/m³ pada awal persiapan air bioflok juga berperan penting sebagai agen profilaksis untuk mencegah infeksi jamur dan parasit pada benih.

6.3.3. Teknologi Desinfeksi Lanjutan: UV dan Ozonasi

Keamanan biologis air dalam perbenihan intensif dapat ditingkatkan melalui teknologi sterilisasi sinar Ultra-Violet (UV) dan Ozonasi. Lampu UV-C bekerja pada panjang gelombang 254 nm yang secara efektif merusak struktur DNA/RNA mikroorganisme patogen seperti *Vibrio* atau *Iridovirus*, tanpa meninggalkan residu kimia dalam air. Namun, UV hanya efektif untuk air yang memiliki tingkat kejernihan tinggi (turbiditas rendah) karena partikel tersuspensi dapat menghalangi penetrasi sinar.

Ozon (O₃) menawarkan daya oksidasi yang lebih kuat dibandingkan UV. Ozonasi tidak hanya membunuh bakteri dan virus, tetapi juga mampu mengoksidasi senyawa organik terlarut dan logam berat, serta meningkatkan kejernihan air secara signifikan. Implementasi teknologi ozonasi terbukti mampu meningkatkan kelulushidupan larva secara dramatis; dalam suatu studi, mortalitas larva berhasil ditekan dari 77% menjadi hanya 14% setelah penggunaan sistem ozon yang terintegrasi. Penggunaan sistem "Multi-Barrier" yang mengombinasikan filtrasi bertahap, UV, ozonasi dosis rendah (0,1-0,2 mg/L), dan pemolesan akhir dengan karbon aktif menghasilkan air yang "hampir steril" (*near-sterile*), memberikan lingkungan pertumbuhan yang paling aman bagi larva yang rapuh.

D. Teknik Grading dan Manajemen Stres Benih

Grading atau penyortiran benih berdasarkan ukuran merupakan prosedur krusial dalam manajemen perbenihan untuk menjamin keseragaman pertumbuhan, efisiensi pemberian pakan, dan meminimalisir kanibalisme. Benih yang memiliki variasi ukuran besar dalam satu wadah akan menyebabkan individu yang

lebih kecil kalah dalam kompetisi pakan, yang pada akhirnya akan memperburuk nilai *Feed Conversion Ratio* (FCR) secara keseluruhan.

1. Mekanisasi Grading dan Analisis Struktural

Grading konvensional yang dilakukan secara manual menggunakan bak sortir yang diguncang seringkali menimbulkan stres mekanis dan luka fisik pada benih, yang menjadi pintu masuk bagi infeksi bakteri. Inovasi dalam perangkat grading otomatis kini menggunakan material *stainless steel* yang dirancang dengan presisi mekanis tinggi. Desain alat sortir ini menggunakan celah yang disesuaikan dengan ukuran kepala benih ikan, di mana benih akan meluncur melalui celah tersebut sesuai dengan dimensinya tanpa perlu penanganan manual yang kasar.

Analisis kekuatan rangka perangkat grading menggunakan metode *Finite Element Analysis* (FEA) menunjukkan bahwa penggunaan profil *stainless steel* 30x30x3 mm memiliki faktor keamanan (*safety factor*) yang sangat tinggi, mencapai 667.000, yang berarti perangkat tersebut sangat stabil dan aman untuk digunakan dalam operasional perbenihan intensif dalam jangka panjang. Alat ini memiliki dua celah utama untuk klasifikasi ukuran: celah pertama untuk benih 18-28 mm dan celah kedua untuk 28-38 mm, yang memungkinkan pemisahan secara simultan dan otomatis.

2. Mitigasi Stres dan Pemulihan Benih

Setiap aktivitas grading merupakan stresor bagi benih. Manajemen stres dilakukan dengan pemberian vitamin C atau asam askorbat melalui pakan sebelum dan sesudah proses grading. Vitamin C berperan penting dalam proses metabolisme untuk mereduksi efek hormon stres dan mempercepat regenerasi jaringan jika terjadi luka ringan saat penyortiran. Dosis yang direkomendasikan adalah sekitar 150 mg/kg pakan. Selain itu, menjaga ketinggian air yang optimal di bak penampungan pasca-grading (sekitar 18 cm untuk spesies tertentu) terbukti memberikan pertumbuhan berat mutlak yang lebih baik dan konsumsi oksigen yang lebih efisien dibandingkan air yang terlalu dangkal atau terlalu dalam.

Proses aklimatisasi suhu dan pH juga wajib dilakukan saat memindahkan benih hasil sortir ke wadah pemeliharaan baru. Kantong benih atau wadah transportasi harus diletakkan di dalam bak tujuan selama minimal 10 menit agar suhu air di dalam dan di luar wadah seimbang sebelum benih dilepaskan secara perlahan. Kegagalan dalam melakukan aklimatisasi dapat menyebabkan syok termal yang berujung pada kematian benih dalam 24-48 jam pertama pasca-penebaran.

E. Analisis Finansial dan Kelayakan Usaha Perbenihan

Manajemen teknis yang canggih harus selaras dengan kelayakan ekonomi. Analisis finansial pada unit perbenihan udang vaname menunjukkan potensi keuntungan yang sangat signifikan. Berdasarkan data operasional tahun 2024, sebuah unit hatchery dapat menghasilkan pendapatan bersih lebih dari 9 miliar rupiah per tahun dengan nilai *Return On Investment* (ROI) mencapai 79,8%. Hal ini menunjukkan bahwa investasi pada teknologi perbenihan intensif memiliki daya tarik ekonomi yang kuat.

Indikator Finansial	Nilai (Siklus Maret 2024)	Nilai (Tahunan)
Pendapatan Bersih	Rp 988.740.184	Rp 9.012.247.733
R/C Ratio	2,16	2,03
BEP Unit (Ekor)	-	43.492.660
NPV	-	Rp 30.903.630.615
IRR	-	52,9%
Payback Period	-	0,24 Tahun (~3 Bulan)

Nilai *Internal Rate of Return* (IRR) sebesar 52,9% jauh melampaui tingkat suku bunga komersial, yang menandakan bahwa usaha perbenihan ini sangat layak dan resilien terhadap fluktuasi ekonomi. Keberhasilan finansial ini tidak terlepas dari

manajemen operasional yang mampu menjaga nilai FCR tetap rendah (misal 0,33 pada pendederan kakap putih) dan tingkat kelangsungan hidup yang stabil di atas ambang batas minimal. Efisiensi pakan yang tinggi melalui kombinasi pakan alami dan mikrodiet yang presisi menjadi kunci utama dalam menekan biaya operasional yang rata-rata berkisar Rp 15 per ekor benur.

F. Strategis Manajemen Larva menjadi Benih

Keberhasilan manajemen larva dan benih dalam akuakultur modern menuntut integrasi total antara ilmu biologi terapan dan teknologi rekayasa lingkungan. Perawatan larva yang optimal dimulai dari persiapan sarana yang aseptik dan pemantauan perkembangan stadia yang sangat detail. Ketergantungan pada pakan alami harus dikelola secara cerdas melalui teknik kultur massal yang higienis dan protokol pengkayaan nutrisi yang disiplin untuk menjamin pasokan asam lemak esensial. Transisi ke pakan buatan harus dilakukan dengan strategi *co-feeding* yang tepat, didukung oleh formulasi mikrodiet yang memiliki stabilitas tinggi dan palatabilitas yang baik untuk merangsang sistem pencernaan larva yang belum matang.

Di sisi lain, pengendalian lingkungan melalui manajemen kualitas air harus berevolusi dari sistem konvensional menuju sistem intensif yang terkontrol seperti RAS dan Bioflok. Penggunaan teknologi sterilisasi UV dan Ozonasi memberikan lapisan perlindungan tambahan yang sangat krusial dalam menekan risiko serangan penyakit yang dapat melumpuhkan ekonomi unit perbenihan. Terakhir, mekanisasi pada proses grading tidak hanya meningkatkan efisiensi kerja tetapi juga secara signifikan mengurangi tingkat stres pada benih, yang pada akhirnya akan meningkatkan kualitas produk yang dihasilkan.

Secara keseluruhan, perbenihan bukan lagi sekadar seni budidaya, melainkan industri manufaktur biologis yang presisi. Rekomendasi bagi para pembudidaya dan pengelola unit perbenihan adalah untuk terus mengadopsi inovasi teknologi pakan, seperti mikrodiet berbasis maggot, serta memperkuat kontrol kualitas air dengan sistem multi-barrier. Dengan

manajemen yang komprehensif, produktivitas perikanan budidaya Indonesia akan terus meningkat, memberikan kontribusi nyata bagi ketahanan pangan dan pertumbuhan ekonomi nasional. Kualitas benih yang unggul hari ini adalah jaminan panen yang melimpah di masa depan.

Daftar Acuan

1. Manajemen Produksi Benih Udang Vaname ... - ejournal uncen, accessed April 11, 2026, <https://ejournal.uncen.ac.id/index.php/ACR/article/download/4527/3158>
2. MANAJEMEN PEMBERIAN PAKAN PADA PEMELIHARAAN LARVA ..., accessed April 11, 2026, <https://ejournal-balitbang.kkp.go.id/index.php/btla/article/viewFile/3332/2852>
3. Perbenihan Larva Udang Vaname (*Litopenaeus vannamei*) di Balai Produksi Induk Udang Unggul dan Kekerangan Karangasem, Bali - e-Journal Politeknik Pertanian Negeri Kupang, accessed April 11, 2026, <https://jurnal.politanikoe.ac.id/index.php/jvip/article/download/7153/555>
4. SPO Budidaya Ikan Nila/Lele di Bak Bulat - KKP, accessed April 11, 2026, <https://kkp.go.id/storage/Materi/panduan-budi-daya-ikan-nilalele-di-bak-bulat-bioflok6982e9ada5a67/materi-6982e9adaa327.pdf>
5. Persiapan Wadah Dan Media | PDF - Scribd, accessed April 11, 2026, <https://id.scribd.com/presentation/893856384/1-Persiapan-wadah-dan-media>
6. (PDF) TEKNIK PERBENIHAN IKAN LELE (CLARIAS GARIEPINUS ..., accessed April 11, 2026, https://www.researchgate.net/publication/381268489_TEKNIK_PERBENIHAN_IKAN_LELE_CLARIAS_GARIEPINUS_DI_INSTALASI_BALAI_BENIH_IKAN_LINGSAR
7. TEKNIK PERBENIHAN UDANG GALAH (*Macrobrachium rosenbergii*) GI Macro II DI BALAI PENELITIAN PEMULIAAN - Universitas Brawijaya, accessed April 11, 2026, https://repository.ub.ac.id/135624/2/PKM_FAJAR_ABDILLAH_125080500111106_BUDIDAYA_PERAIRAN.pdf
8. PERFORMA PERTUMBUHAN PADA PENDEDERAN IKAN KAKAP ..., accessed April 11, 2026, <https://ejournal-balitbang.kkp.go.id/index.php/aureliajournal/article/download/14754/9506>

9. Cacing Sutera Atau Mroto (Dhaphnia), Mana Yang Lebih Baik Untuk Benih Ikan? - Dinas Peternakan dan Perikanan – Kabupaten Blitar, accessed April 11, 2026, <https://disnakkab.blitarkab.go.id/2021/02/17/cacing-sutera-atau-mroto-dhaphnia-mana-yang-lebih-baik-untuk-benih-ikan/>
10. Weaning Larva Hatchery: Mikro-Diet, HUFA, Binder Tingkatkan ..., accessed April 11, 2026, <https://beta.co.id/blog/weaning-larva-hatchery-mikro-diet-hufa-binder-tingkatkan-survival>
11. VOL 8, NO 2 (2020), accessed April 11, 2026, <http://repository.lppm.unila.ac.id/31594/1/Pakan%20buatan.pdf>
12. OPTIMALISASI KULTUR CACING SUTRA (TUBIFEX SP.) SEBAGAI PAKAN ALAMI UNTUK LARVA IKAN, accessed April 11, 2026, <https://sihojournal.com/index.php/penarik/article/download/589/372/2020>
13. Kultur Pakan Alami Cacing Sutra (Tubifex Sp.) Dan Pemberian Pakan Larva Ikan Lele (Clarias Sp.) Di Desa Fadoro Dusun Bawosalo'o, Kec. Mandrehe, Kab. Nias Barat | Jurnal Perikanan dan Kelautan, accessed April 11, 2026, <https://sihojournal.com/index.php/peraut/article/view/621>
14. TEKNIK KULTUR PAKAN ALAMI DAN CARA PEMBERIANNYA, accessed April 11, 2026, <https://ejournal-balitbang.kkp.go.id/index.php/btla/article/download/2961/2472>
15. Strategi Pemberian Mikrodiet Terhadap Kualitas Larva Ikan Lele (Clarias sp.), accessed April 11, 2026, <https://repository.ub.ac.id/id/eprint/242630>
16. Pengelolaan Kualitas Air Budidaya Ikan Mas | PDF - Scribd, accessed April 11, 2026, <https://id.scribd.com/document/508151969/329030857-Manajemen-Kualitas-Air-Budidaya-Ikan-Mas>
17. MANAJEMEN KUALITAS AIR PADA PERBENIHAN IKAN NILA (Oreochromis niloticus) DI UPTD BBI SUKOREJO KECAMATAN GONDANGLEGI, KABUPATEN M - Universitas Brawijaya, accessed April 11, 2026,

https://repository.ub.ac.id/135931/1/LAPORAN_PKM-NUR_HIDAYAT-125080101111061-MSP.pdf

18. Filtrasi Biologi pada Sistem Budidaya RAS Sebagai Pendukung ..., accessed April 11, 2026, https://unair.ac.id/post_fetcher/sekolah-ilmu-kesehatan-ilmu-alam-filtrasi-biologi-pada-sistem-budidaya-ras-sebagai-pendukung-budidaya-ikan-lele/
19. Teknologi RAS, Ikhtiar Wujudkan Surplus Perikanan Budidaya - Kominfo Jatim, accessed April 11, 2026, <https://kominfo.jatimprov.go.id/read/umum/teknologi-ras-ikhtiar-wujudkan-surplus-perikanan-budidaya>
20. Implementasi Teknologi Ozonasi untuk Meningkatkan Kelulushidupan Ikan pada Kelompok Perikanan Harapan Baru Desa Manemeng Sumbawa, accessed April 11, 2026, <https://jppipa.unram.ac.id/index.php/jpmppi/article/download/12917/8327/71064>
21. UV vs Ozon: Dua Teknologi Canggih untuk Sterilisasi Air, Mana Unggul? - CV. Ady Water, accessed April 11, 2026, <https://cvadywater.web.indotrading.com/blog/uv-vs-ozon:-dua-teknologi-canggih-untuk-sterilisasi-air--mana-unggul>
22. Pengolahan Air dengan menggunakan Sistem ozon dan Ultraviolet di Industri pengemasan Ikan | Waterfilter.ID, accessed April 11, 2026, <https://www.waterfilter.id/artikel/water-treatment-using-ozone-and-ultraviolet-systems-in-the-fish-packaging-industry>
23. Desain Air Near-Sterile Hatchery: Multi-Barrier untuk Survival Larva, accessed April 11, 2026, <https://beta.co.id/blog/near-sterile-di-hatchery-rancang-multi-barrier-air-yang-mengerek-survival-dari-telur-ke-larva>
24. Perangkat grading fish | Jurnal Kajian Teknik Mesin ... - uta'45 journal, accessed April 11, 2026, <https://journal.uta45jakarta.ac.id/index.php/jktm/article/download/6985/2552>
25. Sains Akuakultur Tropis - UNDIP E-Journal System, accessed April 11, 2026, <https://ejournal2.undip.ac.id/index.php/sat/article/download/2453/1444>

26. Kelangsungan hidup dan pertumbuhan benih ikan baung (*Hemibagrus nemurus*) pada berbagai ketinggian air - *Acta Aquatica*, accessed April 11, 2026, <https://ojs.unimal.ac.id/acta-aquatica/article/view/18965/8323>

BAB 7 TATA KELOLA KUALITAS AIR PERBENIHAN IKAN



Gambar 7.1. Infografis Tata Kelola Kualitas Air Perbenihan Ikan

Sektor akuakultur global telah mengalami transformasi signifikan menuju intensifikasi, di mana keberhasilan produksi benih di fasilitas perbenihan (hatchery) menjadi penentu utama dalam rantai nilai industri perikanan. Pengelolaan kualitas air dalam hatchery bukan sekadar aktivitas rutin pemeliharaan, melainkan sebuah rekayasa ekosistem yang presisi untuk memfasilitasi transisi biologis larva yang sangat sensitif terhadap perubahan lingkungan. Air berperan sebagai media transmisi nutrisi, pengatur metabolisme, sekaligus buffer terhadap cekaman biotik dan abiotik. Dalam operasional modern, pemahaman yang mendalam mengenai parameter fisika-kimia, mekanisme sirkulasi air, serta efisiensi sterilisasi menjadi imperatif untuk menjamin sintasan dan performa pertumbuhan yang optimal.

Keberhasilan hatchery saat ini sangat bergantung pada kemampuan teknisi dalam mengintegrasikan standar nasional, seperti SNI 2021, dengan teknologi mutakhir seperti *Recirculating Aquaculture*

Systems (RAS) dan sistem monitoring berbasis *Internet of Things* (IoT). Ketidakstabilan kualitas air, meskipun dalam skala kecil, dapat memicu kaskade stres fisiologis yang melemahkan sistem imun benih, sehingga menciptakan celah bagi patogen oportunistik seperti *Vibrio* spp. untuk menginisiasi wabah penyakit.² Oleh karena itu, laporan ini akan membedah secara holistik setiap aspek pengelolaan air, mulai dari karakterisasi parameter dasar hingga aplikasi teknologi biofiltrasi dan sterilisasi tingkat lanjut.

A. Dinamika Parameter Fisika Air dan Implikasi Termodinamikanya

Parameter fisika air merupakan lapisan pertama dalam manajemen hatchery yang secara langsung mempengaruhi proses biokimia di dalam media budidaya. Suhu, kecerahan, dan kekeruhan bukan merupakan variabel independen, melainkan saling berinteraksi secara kompleks melalui prinsip-prinsip termodinamika dan optik air.

1. Manajemen Suhu dan Laju Metabolisme Organisme Poikilotermik

Suhu air adalah penggerak utama energi kinetik dalam molekul air yang secara langsung meregulasi laju reaksi enzimatik pada ikan dan udang. Sebagai organisme poikilotermik, suhu tubuh larva sangat bergantung pada suhu lingkungan. Berdasarkan standar terbaru SNI 8678-4:2021 untuk produksi benih udang vaname, kisaran suhu ideal ditetapkan antara 28 hingga 33 derajat Celsius. Dalam kondisi lapangan, seperti yang diamati pada fasilitas PT CP Prima, suhu dipertahankan pada rata-rata 28,5 hingga 31 derajat Celsius untuk menjamin pertumbuhan yang seragam.

Implikasi dari fluktuasi suhu sangat luas. Peningkatan suhu akan menurunkan kelarutan oksigen terlarut (DO) sesuai dengan hukum Henry, sementara secara simultan meningkatkan laju metabolisme dan kebutuhan oksigen organisme. Jika suhu melebihi ambang batas optimum, protein dan enzim esensial akan mengalami denaturasi, yang berujung pada kematian seluler. Sebaliknya, suhu yang terlalu rendah

akan memperlambat pertumbuhan dan menekan nafsu makan, yang pada gilirannya menyebabkan akumulasi pakan tidak terpakai di dasar bak. Di fasilitas intensif, penggunaan pemanas (heater) atau sistem isolasi termal menjadi krusial untuk mencegah *thermal shock* yang dapat meningkatkan mortalitas larva hingga 77% jika tidak diantisipasi dengan baik.

2. Optik Air: Kecerahan, Kekeruhan, dan Padatan Tersuspensi

Kecerahan air mencerminkan kemampuan cahaya matahari atau cahaya buatan untuk menembus kolom air, yang sangat dipengaruhi oleh keberadaan material organik dan anorganik. Dalam sistem hatchery udang, kecerahan optimal dipertahankan pada kisaran 30 hingga 45 cm. Penurunan kecerahan sering kali disebabkan oleh peningkatan *Total Suspended Solids* (TSS) dan kekeruhan (turbiditas), yang jika melebihi 78 NTU dapat dianggap telah melampaui baku mutu kelas II.

Kekeruhan yang tinggi memiliki dampak ganda. Secara mekanis, partikel tersuspensi dapat menyumbat filamen insang larva yang halus, menyebabkan gangguan respirasi. Secara kimiawi, partikel-partikel ini sering kali menjadi inang bagi bakteri patogen dan menghambat efisiensi proses sterilisasi, terutama penggunaan sinar ultraviolet (UV). Cahaya UV tidak dapat menembus partikel padat, sehingga patogen yang "bersembunyi" di balik partikel tersebut akan tetap hidup. Oleh karena itu, manajemen kejernihan air melalui sedimentasi dan filtrasi fisik merupakan prasyarat mutlak sebelum air masuk ke tahap disinfeksi.

Parameter Fisika	Satuan	Standar SNI 2021/2016	Nilai Praktis Hatchery
Suhu	°C	28 - 33	28,5 - 31,8
Kecerahan	cm	30 - 45	30 - 100
Kekeruhan	NTU	< 25	0 - 5
Salinitas	ppt	29 - 34	20 - 32

B. Parameter Kimia Air: Keseimbangan Ionik dan Kualitas Hidup Larva

Kualitas kimia air di hatchery ditentukan oleh konsentrasi gas terlarut, derajat keasaman, dan keberadaan senyawa anorganik yang berfungsi sebagai buffer atau racun potensial.

1. Dinamika Oksigen Terlarut (DO) dan Keseimbangan Gas

Oksigen terlarut (Dissolved Oxygen) adalah parameter kimia yang paling kritis. Larva ikan dan udang memerlukan DO tinggi untuk mendukung aktivitas fisiologis yang cepat selama fase pendederan. Konsentrasi DO minimal yang direkomendasikan adalah $> 4 \text{ mg/L}$, namun dalam sistem super intensif, nilai ini sering kali dipertahankan di atas $5,5 \text{ mg/L}$ untuk memberikan margin keamanan yang cukup.

Fenomena *supersaturation* oksigen juga perlu diwaspadai. Jika DO melebihi ambang batas jenuh secara berlebihan akibat aerasi mekanis yang tidak terkendali, dapat terjadi penyakit gelembung gas (*gas bubble disease*) di mana gas keluar dari larutan di dalam aliran darah organisme, menyebabkan mortalitas mendadak. Sebaliknya, kondisi hipoksia ($\text{DO} < 3 \text{ mg/L}$) akan memicu stres metabolik, menurunkan efisiensi konversi pakan, dan dalam jangka panjang menyebabkan kerusakan organ hepatopankreas pada udang.

2. Derajat Keasaman (pH) dan Kapasitas Penyangga Alkalinitas

pH air berperan sebagai regulator keseimbangan ionik dan penentu tingkat toksisitas amonia. Nilai pH optimal dalam hatchery berkisar antara 7,5 hingga 8,5. Fluktuasi pH harian dipengaruhi oleh siklus respirasi (yang menghasilkan CO_2) dan aktivitas fotosintesis alga jika terdapat di dalam bak. Peningkatan CO_2 akan menurunkan pH melalui pembentukan asam karbonat (H_2CO_3).

Alkalinitas, yang diukur dalam mg/L ekuivalen CaCO_3 , berfungsi sebagai kapasitas penyangga (buffering capacity) untuk mencegah perubahan pH yang drastis. Nilai alkalinitas yang ideal berkisar antara 90 hingga 150 ppm. Pada sistem dengan kepadatan tinggi, proses nitrifikasi oleh bakteri biofilter akan melepaskan ion H^+ yang secara bertahap mengonsumsi

alkalinitas, sehingga penambahan zat alkali seperti natrium bikarbonat menjadi kebutuhan rutin untuk menjaga stabilitas sistem.

3. Salinitas dan Regulasi Osmotik

Salinitas merupakan parameter kunci dalam perbenihan organisme laut. Untuk udang vaname, salinitas air sumber biasanya berada pada kisaran 29 hingga 34 ppt. Kemampuan osmoregulasi larva sangat terbatas pada fase awal (nauplii dan zoea), sehingga fluktuasi salinitas yang mendadak dapat menyebabkan kematian akibat kegagalan regulasi ionik seluler. Di beberapa daerah, tantangan muncul akibat musim kemarau yang meningkatkan evaporasi dan menyebabkan salinitas naik hingga 50 ppt, yang memerlukan tindakan pengenceran dengan air tawar secara hati-hati.

Parameter Kimia	Satuan	Nilai Optimal	Batas Toleransi
pH	-	7,8 - 8,3	7,5 - 8,5
Oksigen Terlarut	mg/L	> 5,0	> 4,0
Alkalinitas	ppm	100 - 130	90 - 150
Amonia(NH ₃)	mg/L	< 0,01	< 0,1
Nitrit (NO ₂)	mg/L	< 0,1	< 1,0

4. Dinamika Senyawa Nitrogen dan Mekanisme Toksisitas

Masalah utama dalam sistem hatchery tertutup adalah akumulasi nitrogen anorganik yang berasal dari ekskresi larva dan dekomposisi protein pakan. Senyawa nitrogen ini muncul dalam tiga bentuk utama: amonia, nitrit, dan nitrat.

a. Amonia: Fraksi Beracun dan Keseimbangan pH

Total Ammonia Nitrogen (TAN) terdiri dari amonia bebas (NH₃) yang sangat toksik dan ion amonium (NH₄) yang relatif kurang berbahaya. Rasio antara keduanya ditentukan oleh pH dan suhu air. Pada pH tinggi, persentase

NH_3 meningkat secara eksponensial. Sebagai ilustrasi, pada suhu 25°C , peningkatan pH dari 7 menjadi 8 akan meningkatkan konsentrasi amonia beracun hingga sepuluh kali lipat. Gejala klinis keracunan amonia pada benih meliputi kerusakan jaringan insang, gangguan sistem saraf, dan penurunan kemampuan pengikatan oksigen oleh darah.

b. Nitrit dan Nitrat dalam Siklus Nitrifikasi

Nitrit (NO_2) adalah produk antara yang dihasilkan oleh bakteri pengoksidasi amonia. Nitrit sangat berbahaya bagi larva karena dapat masuk ke dalam aliran darah dan mengubah hemoglobin menjadi methemoglobin (pada ikan) atau menghambat hemosianin (pada udang), yang mengakibatkan kegagalan transportasi oksigen meskipun kadar DO dalam air mencukupi. Standar operasional mengharuskan kadar nitrit tetap di bawah 0,1 mg/L untuk fase larva sensitif.¹² Sebaliknya, nitrat (NO_3) adalah produk akhir nitrifikasi yang relatif kurang toksik, dengan ambang batas toleransi hingga 10 mg/L, namun akumulasi nitrat yang berlebihan dapat memicu pertumbuhan alga yang tidak terkendali.

C. Teknik Pergantian Air dan Inovasi Sistem Resirkulasi (RAS)

Metode penggantian air di hatchery telah berkembang dari pendekatan tradisional yang boros sumber daya menuju sistem sirkulasi cerdas yang lebih efisien dan biosekuritasnya terjamin.

1. Strategi Pergantian Air di Hatchery Udang

Di hatchery tradisional, pergantian air dilakukan secara periodik untuk membuang akumulasi amonia dan bahan organik. Pengambilan sampel air biasanya dilakukan pada pagi hari jam 05.00 WIB dan siang hari jam 12.00 WIB untuk menangkap dinamika harian kualitas air. Pada fase awal larva, pergantian air dilakukan secara minimal untuk mencegah cekaman osmotik, namun frekuensinya meningkat seiring dengan bertambahnya biomassa dan kebutuhan pakan. Kelemahan utama sistem pergantian air konvensional adalah risiko masuknya patogen dari air sumber dan tingginya biaya

energi untuk memompa serta mengkondisikan air.

2. **Recirculating Aquaculture System (RAS) dan Keunggulannya**

Teknologi RAS menawarkan solusi berkelanjutan dengan menggunakan kembali air budidaya setelah melalui serangkaian unit pengolahan. Komponen utama RAS meliputi filtrasi mekanis (untuk menghilangkan feses dan sisa pakan), biofiltrasi (untuk konversi amonia), dan sterilisasi (UV/Ozon).

Keuntungan utama RAS dibandingkan sistem *flow-through* adalah:

- a. **Efisiensi Air:** Mengurangi konsumsi air hingga lebih dari 90%.
- b. **Kontrol Parameter:** Memungkinkan stabilitas suhu, pH, dan salinitas yang jauh lebih baik, tidak terpengaruh oleh kondisi cuaca eksternal.
- c. **Biosekuriti:** Meminimalkan risiko introduksi patogen liar karena sistem beroperasi secara tertutup.

Dalam pendederan ikan kakap putih, sistem RAS memungkinkan kepadatan tebar hingga 3.000 ekor/m³ dengan performa pertumbuhan yang setara dengan sistem konvensional namun dengan sintasan yang lebih stabil. Integrasi teknologi *Integrated Recycling Aquaculture System* (I-RAS) bahkan menggabungkan RAS dengan bioflok dan bioremediasi untuk meningkatkan efisiensi nutrisi dan pengolahan limbah.

3. **Teknologi Biofiltrasi: Mikrobiologi dan Seleksi Media**

Biofilter adalah komponen fungsional terpenting dalam sistem sirkulasi hatchery, yang mengandalkan aktivitas biologis bakteri untuk memurnikan air dari amonia.

a. **Mekanisme Nitrifikasi dan Pembentukan Biofilm**

Proses utama dalam biofilter adalah nitrifikasi, yaitu oksidasi amonia menjadi nitrat oleh bakteri autotrof dalam kondisi aerob. Bakteri pengoksidasi amonia (AOB) seperti *Nitrosomonas* mengubah NH₄ menjadi NO₂, diikuti oleh bakteri pengoksidasi nitrit (NOB) seperti *Nitrobacter* yang

mengubah NO_2 menjadi NO_3 .

Efektivitas proses ini sangat bergantung pada keberadaan biofilm, yaitu komunitas mikroba yang menempel pada permukaan media filter. Proses pembentukan biofilm atau "pematangan" biofilter memerlukan waktu 2 hingga 4 minggu. Selama periode ini, efisiensi penyaringan sangat rendah dan akan meningkat secara bertahap seiring dengan kematangan biofilm. Faktor pembatas utama nitrifikasi meliputi ketersediaan oksigen (minimal $> 1 \text{ mg/L}$), pH (optimal 7,5–8,5), dan suhu (optimal 30°C).

b. Analisis Komparatif Media Biofilter

Pemilihan media biofilter ditentukan oleh luas permukaan spesifik (*Specific Surface Area/SSA*) dan rasio rongga (*void ratio*). Semakin besar SSA, semakin banyak bakteri yang dapat berkolonisasi dalam volume yang sama, sehingga meningkatkan kapasitas pengolahan amonia.

Jenis Media	SSA (m^2/m^3)	Karakteristik Utama	Efisiensi
Sand Filter (SF)	7.836	Media pasir halus, fluidisasi	Sangat Tinggi
Polystyrene Microbead (PF)	3.287	Media plastik ringan, ekonomis	Tinggi
Kaldnes (KF/K1)	500	Media bergerak (MBBR), <i>self- cleaning</i>	Sedang- Tinggi
Bioball	150 - 300	Media statis, sirkulasi air baik	Rendah

Penggunaan media pasir (Sand Filter) menawarkan SSA tertinggi, namun rentan terhadap penyumbatan (clogging) jika beban organik terlalu tinggi. Di sisi lain, media Kaldnes (K1) sangat populer dalam sistem *Moving Bed Bioreactor* (MBBR) karena kemampuannya bergerak

mengikuti arus udara, yang menjamin pasokan oksigen ke seluruh lapisan biofilm dan membuang sel bakteri yang mati secara otomatis.

c. Strategi Sterilisasi dan Disinfeksi Air Tingkat Lanjut

Sterilisasi bertujuan untuk mengeliminasi patogen dari air masuk (inlet) maupun air yang disirkulasikan tanpa mengubah komposisi kimia air secara merugikan.

Fotobiologi Ultraviolet (UV) dan Penentuan Dosis

Sinar UV dengan panjang gelombang 254 nm merupakan disinfektan fisik yang bekerja dengan cara merusak struktur asam nukleat (DNA/RNA) mikroorganisme, sehingga menghentikan kemampuan reproduksinya. Dosis UV, yang diukur dalam mJ/cm^2 , merupakan parameter kunci efektivitas.

Target patogen yang berbeda memerlukan dosis UV yang berbeda:

- 1) **Bakteri (*Vibrio spp.*):** Memerlukan dosis minimal $30 \text{ mJ}/\text{cm}^2$ untuk melumpuhkan 99,9% populasi.
- 2) **Virus (WSSV):** Memerlukan dosis $30\text{-}40 \text{ mJ}/\text{cm}^2$ pada kondisi air jernih, namun dosis dapat meningkat hingga $60 \text{ mJ}/\text{cm}^2$ jika air keruh.
- 3) **Spora Jamur dan Parasit:** Karena memiliki dinding sel yang tebal, dosis yang dibutuhkan mencapai $> 100 \text{ mJ}/\text{cm}^2$.

Kinerja UV sangat dipengaruhi oleh *UV Transmittance* (UVT), yaitu persentase cahaya UV yang mampu menembus air. Jika turbiditas air $> 5 \text{ NTU}$ atau $\text{UVT} < 50\%$, sinar UV tidak akan efektif menjangkau seluruh kolom air, sehingga disinfeksi akan gagal.

Ozonasi dan Potensial Redoks (ORP)

Ozon (O_3) adalah gas oksidator kuat yang mampu mengoksidasi senyawa organik kompleks dan membunuh bakteri lebih cepat dibandingkan klorin. Penggunaan ozon

dalam hatchery harus dikalibrasi dengan sangat teliti karena sifat toksisitasnya yang tinggi terhadap larva. Konsentrasi ozon yang aman dalam air pemeliharaan berkisar antara 0,1 hingga 0,2 mg/L. Parameter pemantauan yang digunakan adalah *Oxidation-Reduction Potential* (ORP), di mana nilai ORP yang terlalu tinggi menunjukkan adanya residu oksidator yang berbahaya, sedangkan nilai yang terlalu rendah menunjukkan disinfeksi yang tidak memadai.

Pendekatan Multi-Barrier untuk Keamanan Total

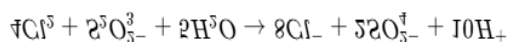
Sistem perbenihan modern menerapkan arsitektur *multi-barrier* untuk menjamin keamanan air. Urutan proses biasanya dimulai dari filtrasi fisik kasar, diikuti oleh filtrasi pasir atau mutakhir (nanofiltrasi), disinfeksi UV untuk air inlet, dan ozonasi pada sistem resirkulasi. Kombinasi UV dan ozon dosis rendah telah terbukti menciptakan kondisi "near-sterile" (hampir steril) yang mampu menekan populasi koliform dan bakteri heterotrof hingga ke titik nol yang dapat dikultur.

Netralisasi Kimia: Mekanisme Natrium Tiosulfat dan Residu Klorin

Meskipun teknologi fisik seperti UV semakin populer, penggunaan disinfektan kimia berbasis klorin (seperti kalsium hipoklorit atau TCCA) masih luas digunakan untuk sterilisasi tandon air sumber karena efektivitas biayanya. Namun, klorin sisa sangat berbahaya bagi biota akuatik.

Mekanisme Reaksi Redoks

Natrium Tiosulfat ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$) adalah agen pereduksi yang digunakan untuk menetralkan residu klorin dalam air. Reaksi kimia antara natrium tiosulfat dan asam hipoklorit (HOCl) mengubah klorin menjadi ion klorida (Cl^-) yang tidak berbahaya:



Proses ini tidak menghasilkan produk sampingan berbahaya seperti kloramin atau trihalometana, yang menjadikannya pilihan utama bagi laboratorium dan

hatchery sensitif.

Stoikiometri dan Faktor Operasional

Berdasarkan perhitungan matematis dan pengamatan laboratorium, rasio stoikiometri yang direkomendasikan adalah 1,75 mg/L natrium tiosulfat untuk setiap 1 mg/L residu klorin bebas. Reaksi ini berlangsung sangat cepat (kurang dari 30 detik) pada suhu ruang (25 °C), waktu reaksi melambat menjadi 2 hingga 3 menit. Keberadaan bahan organik yang tinggi dalam air juga dapat menyerap klorin atau mengganggu reaksi, sehingga teknisi lapangan sering kali perlu menyesuaikan dosis secara empiris menggunakan alat uji klorin sisa (*otochlorine test kit*).

D. Integrasi Digital dan Masa Depan Pengelolaan Air Hatchery

Perkembangan teknologi telah membawa manajemen kualitas air ke tingkat otomatisasi yang lebih tinggi melalui Akuakultur 4.0.

1. Monitoring Real-Time dan Sensor Pintar

Penggunaan sensor digital untuk pemantauan parameter harian seperti DO, pH, suhu, dan salinitas telah menjadi standar di hatchery intensif. Sensor-sensor ini terhubung ke sistem pusat yang mampu memberikan peringatan dini (*early warning*) melalui aplikasi telepon pintar jika parameter melampaui batas aman. Integrasi *Artificial Intelligence* (AI) dan *Internet of Things* (IoT) memungkinkan sistem untuk secara otomatis menyalakan aerasi tambahan saat DO rendah atau menambah air tawar saat salinitas naik akibat penguapan.

2. Inovasi Nanoteknologi dan Bioremediasi

Penerapan nanoteknologi melalui penggunaan media adsorben berpori nano (seperti batu apung yang dimodifikasi) menawarkan kemampuan untuk mengontrol kontaminan ionik dalam air laut dengan efisiensi yang jauh lebih tinggi dibandingkan metode konvensional. Selain itu, penggunaan bakteri probiotik dan sistem bioflok dalam pengelolaan air membantu menciptakan ekosistem mikroba yang stabil, yang tidak hanya memproses limbah tetapi juga menyediakan nutrisi

tambahan bagi benih.

E. Implementasi Tata Kelola Kualitas Air dalam Panti Benih

Pengelolaan kualitas air dalam sistem hatchery merupakan orkestrasi variabel fisika, kimia, dan biologi yang menuntut ketelitian tinggi. Dinamika parameter seperti suhu, pH, dan oksigen terlarut harus dijaga dalam rentang yang sempit sesuai standar SNI 2021 untuk memastikan kesehatan dan sintasan larva. Evolusi dari sistem *flow-through* menuju *Recirculating Aquaculture System* (RAS) yang didukung oleh teknologi biofiltrasi media Kaldnes atau pasir memberikan solusi atas keterbatasan air dan tantangan biosekuritas. Sementara itu, sterilisasi melalui sinar UV dengan dosis minimal 30 mJ/cm^2 dan netralisasi kimia yang tepat menggunakan natrium tiosulfat menjadi benteng pertahanan utama terhadap serangan patogen. Di masa depan, integrasi monitoring berbasis AI-IoT dan aplikasi nanoteknologi akan semakin memperkuat keberlanjutan industri perbenihan, menjadikannya lebih tahan terhadap fluktuasi lingkungan dan perubahan iklim global.

Daftar Acuan

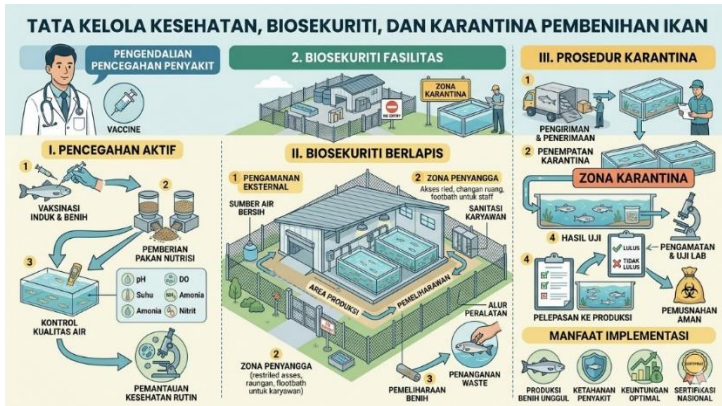
1. MANAJEMEN KUALITAS AIR PADA HATCHERY UDANG ..., diakses April 11, 2026, <https://www.journal.ubb.ac.id/index.php/am/article/view/6139>
2. (PDF) Water quality management in aquaculture - ResearchGate, diakses April 11, 2026, https://www.researchgate.net/publication/380643763_Water_quality_management_in_aquaculture
3. MANAJEMEN KUALITAS AIR TERHADAP KESEHATAN UDANG VANNAMEI (*Litopenaeus Vannamei*) DI TAMBAK INTENSIF CV. REKSA BUMI, SITUBONDO | Jayanti | MARLIN - JURNAL ILMIAH KELAUTAN DAN PERIKANAN, diakses April 11, 2026, <https://ejournal-balitbang.kkp.go.id/index.php/marlin/article/view/13074>
4. SNI 8678-4-2021 Vaname Produksi Benih - Komtek | PDF - Scribd, diakses April 11, 2026, <https://id.scribd.com/document/617789531/SNI-8678-4-2021-Vaname-Produksi-Benih-komtek>
5. praktik kerja lapang manajemen kualitas air pada budidaya udang vanamei - JURNAL UNIVERSITAS PGRI BANYUWANGI, diakses April 11, 2026, <https://ejournal.unibabwi.ac.id/index.php/lemuru/article/download/1275/856/3481>
6. manajemen kualitas air pada hatchery udang vannamei pt cp prima di lubuk besar, pulau bangka - Journal UBB, diakses April 11, 2026, <https://journal.ubb.ac.id/index.php/am/article/download/6139/2757>
7. Water Quality Management for Recirculating Aquaculture - Agricultural Marketing Resource Center, diakses April 11, 2026, https://www.agmrc.org/media/cms/FA3A_561BD17CD3C4D.pdf
8. Manajemen Kualitas Air pada Pembesaran Udang Vaname (*Litopenaeus vannamei*) di UPT. BAPL (Budidaya, diakses April 11, 2026, <https://ejournal.um-sorong.ac.id/index.php/jrpk/article/download/2097/1290/7554>

9. Desain Air Near-Sterile Hatchery: Multi-Barrier untuk Survival Larva, diakses April 11, 2026, <https://beta.co.id/blog/near-sterile-di-hatchery-rancang-multi-barrier-air-yang-mengerek-survival-dari-telur-ke-larva>
10. STRATEGI MANAJEMEN KUALITAS AIR DI PERAIRAN UMUM UNTUK MENDUKUNG KEHIDUPAN AKUATIK, diakses April 11, 2026, <https://sihojournal.com/index.php/peraut/article/download/596/378>
11. Dosis UV yang Tepat untuk Membasmi Patogen Penyakit - ISW, diakses April 11, 2026, <https://www.isw.co.id/post/dosis-uv-yang-tepat-untuk-membasmi-patogen-penyakit>
12. Kesesuaian Kualitas Air pada Tambak Udang Vannamei ..., diakses April 11, 2026, <https://jurnalperikanankamasan.com/index.php/jpk/article/download/72/65>
13. AQUANIPA, Jurnal Ilmu Kelautan dan Perikanan Vol.06, No.01, Februari 2024 KAJIAN KUALITAS AIR PADA TAMBAK PEMBESARAN UDANG VANAM, diakses April 11, 2026, <https://jurnal.nusanipa.ac.id/index.php/aquanipa/article/download/100/99>
14. proses nitrifikasi dengan sistem biofilter untuk pengolahan air ... - Neliti, diakses April 11, 2026, <https://media.neliti.com/media/publications/149220-ID-proses-nitrifikasi-dengan-sistem-biofilt.pdf>
15. RAS Vs Flow-Through Systems: Which Is Better? - News - Aquasust, diakses April 11, 2026, <https://www.aquasustfactory.com/news/ras-vs-flow-through-systems-which-is-better-85106424.html>
16. (PDF) APLIKASI SISTEM RESIRKULASI PADA PENDEDERAN IKAN KAKAP PUTIH, Lates calcarifer KEPADATAN TINGGI - ResearchGate, diakses April 11, 2026, https://www.researchgate.net/publication/339821202_APLIKASI_SISTEM_RESIRKULASI_PADA_PENDEDERAN_IKAN_KAKAP_PUTIH_Lates_calcarifer_KEPADATAN_TINGGI

17. (PDF) Comparison of the Nitrification Efficiencies of Three Biofilter ..., diakses April 11, 2026, https://www.researchgate.net/publication/264110970_Comparison_of_the_Nitrification_Efficiencies_of_Three_Biofilter_Media_in_a_Freshwater_System
- 18.7.2.3. K1 Media - Aquarium Science, diakses April 11, 2026, <https://aquariumscience.org/7-2-3-k1-media/>
19. UV Tambak Udang, Berapa Dosis Yang Efektif Membasmi Patogen? - FisTx, diakses April 11, 2026, <https://fistx.co.id/id/articles/uv-tambak-udang-berapa-dosis-yang-efektif-membasmi-patogen>
20. Mengapa Natrium Tiosulfat Digunakan dalam Pengolahan Air untuk Penghilangan Klorin?, diakses April 11, 2026, <https://www.jrj-elementix.com/id/blog/why-is-sodium-thiosulfate-used-in-water-treatment-for-chlorine-removal>
21. The Water Quality Management for Recirculating Aquaculture System by Applying Nano Adsorption Technology - PubMed, diakses April 11, 2026, <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33715728/>

BAB 8

TATA KELOLA KESEHATAN, BIOSEKURITI, DAN KARANTINA PERBENIHAN IKAN



Gambar 8.1. Infografis Tata Kelola Kesehatan, Biosekuriti dan Karantina Perbenihan Ikan

Transformasi sektor perikanan budidaya dari praktik ekstensif tradisional menuju sistem intensif telah memicu kebutuhan mendesak akan paradigma manajemen kesehatan yang lebih saintifik dan terintegrasi. Dalam ekosistem perbenihan, larva dan benih ikan merepresentasikan fase kehidupan yang paling rentan terhadap gangguan eksternal karena sistem imun fungsional mereka masih dalam tahap perkembangan awal. Kegagalan dalam mengelola kesehatan pada fase ini bukan hanya berdampak pada kerugian ekonomi sesaat akibat mortalitas massal, tetapi juga menurunkan performa budidaya pada tahap pembesaran akibat benih yang membawa patogen laten atau memiliki pertumbuhan yang terhambat. Manajemen kesehatan ikan modern kini bergeser dari pendekatan reaktif yang mengandalkan antibiotik menuju strategi proaktif yang mengutamakan pencegahan melalui biosekuriti ketat, penggunaan bibit bebas penyakit (SPF), dan modulasi sistem imun melalui input biologis yang ramah lingkungan.

A. Landasan Filosofis dan Dinamika Kesehatan Organisme Akuatik

Kesehatan ikan dalam konteks perbenihan tidak didefinisikan secara sempit sebagai ketiadaan agen penyakit, melainkan sebagai kondisi homeostasis di mana ikan mampu menjalankan fungsi fisiologis, pertumbuhan, dan reproduksi secara optimal di bawah tekanan lingkungan tertentu. Kondisi ini merupakan hasil interaksi dinamis antara tiga faktor utama: inang (ikan), lingkungan (kualitas air dan wadah), dan agen patogen.¹ Ketidakseimbangan pada salah satu faktor, seperti penurunan kadar oksigen terlarut atau fluktuasi suhu yang ekstrem, akan memicu respons stres fisiologis yang membuka pintu bagi kolonisasi agen infeksius yang bersifat oportunistik.

B. Indikator Morfologi dan Perilaku Ikan Sehat

Pemantauan rutin terhadap status kesehatan ikan merupakan pilar pertama dalam manajemen kesehatan. Diagnosis penyakit sering kali dimulai dari observasi visual terhadap dua aspek utama, yaitu morfologi dan tingkah laku. Ikan yang sehat secara umum menunjukkan integritas fisik yang sempurna tanpa adanya lesi, pendarahan, atau parasit yang menempel secara kasatmata. Salah satu mekanisme pertahanan alami ikan yang paling krusial adalah produksi lendir (mukus). Lendir berfungsi sebagai penghalang fisik dan kimiawi karena mengandung enzim lysozyme yang mampu melisiskan dinding sel bakteri patogen. Produksi lendir yang berlebihan sering kali menjadi indikator awal bahwa ikan sedang merespons iritasi lingkungan atau serangan ektoparasit.

Aspek Pengamatan	Karakteristik Ikan Sehat	Indikator Gangguan Kesehatan
Tingkah Laku	Berenang aktif, respons pakan tinggi, berkelompok.	Lemah, mengambang di permukaan, berenang spiral, menyendiri.
Morfologi Kulit	Cerah, tidak ada luka, sisik lengkap dan rata.	Warna gelap, pendarahan (hemoragi), borok (ulcer), sisik lepas.
Kondisi Insang	Berwarna merah cerah, lamela rapi, tidak ada kotoran.	Pucat atau sangat gelap, banyak lendir, nekrosis pada ujung lamela.
Kondisi Mata	Bening, menonjol normal (simetris).	Berkabut (cataract), menonjol keluar (exophthalmia/pop-eye).
Respons Lendir	Produksi normal untuk pelumasan tubuh.	Produksi berlebih hingga menggumpal atau sangat kering.

Sumber data diolah dari.²

Indikator tingkah laku juga mencakup bagaimana ikan berinteraksi dengan media air. Ikan yang mengalami hipoksia atau gangguan pernapasan akibat kerusakan insang akan cenderung melakukan *gasping* atau menghirup udara di permukaan air. Sementara itu, ikan yang terinfeksi parasit kulit sering kali melakukan gerakan "flashing" atau menggesekkan tubuhnya ke dinding wadah budidaya. Deteksi dini melalui parameter-parameter ini sangat menentukan efektivitas tindakan pengobatan sebelum patogen menyebar secara masif ke seluruh unit produksi.

C. Arsitektur Biosekuriti dalam Unit Perbenihan Ikan

Biosekuriti didefinisikan sebagai serangkaian tindakan perlindungan untuk meminimalkan risiko masuk dan menyebarnya penyakit dalam suatu fasilitas budidaya. Dalam operasional perbenihan, biosekuriti bukan sekadar pemasangan pagar, melainkan sebuah filosofi manajemen risiko yang mencakup perencanaan infrastruktur (biosekuriti struktural) dan protokol harian (biosekuriti operasional). Tujuan utamanya adalah menciptakan "benteng biologis" yang mengisolasi organisme budidaya dari agen infeksius yang mungkin terbawa melalui air, manusia, peralatan, atau hewan liar.

1. Biosekuriti Struktural: Zonasi dan Desain Fasilitas

Implementasi biosekuriti yang efektif dimulai dari tata letak bangunan yang didesain untuk memitigasi kontaminasi silang. Konsep zonasi tiga warna (merah, kuning, hijau) merupakan standar yang diadopsi secara luas untuk mengatur tingkat sensitivitas area budidaya.

- a. **Zona Merah (Area Publik/Kotor):** Area ini merupakan batas terluar fasilitas yang memiliki akses terbuka bagi kendaraan umum, pengunjung, dan pengiriman barang. Di zona ini, risiko paparan patogen dari luar sangat tinggi, sehingga tidak boleh ada kontak langsung dengan media air budidaya.
- b. **Zona Kuning (Area Transisi/Penyangga):** Area ini berfungsi sebagai filter antara lingkungan luar dan area produksi. Di zona kuning, personil harus melakukan dekontaminasi, seperti mengganti pakaian dan alas kaki khusus, serta melewati bilik disinfeksi. Gudang pakan dan peralatan harian biasanya ditempatkan di sini.
- c. **Zona Hijau (Area Produksi/Bersih):** Area inti yang menampung bak penetasan telur, pemeliharaan larva, dan kultur pakan alami. Akses ke zona ini sangat terbatas hanya bagi operator yang telah melalui protokol sterilisasi penuh.

Selain zonasi, penggunaan pagar keliling dan jaring pelindung burung (bird netting) merupakan elemen struktural penting. Burung liar, kucing, dan reptil sering kali bertindak

sebagai vektor mekanis yang membawa patogen dari kolam terinfeksi ke unit perbenihan yang steril. Pemasangan *multiple screening* atau penyaring ganda pada saluran masuk air juga krusial untuk mencegah masuknya ikan liar atau krustasea kecil yang bisa membawa virus seperti WSSV.

2. Biosekuriti Operasional: Protokol Sanitasi dan Lalu Lintas

Biosekuriti operasional berkaitan dengan disiplin penerapan SOP oleh seluruh personil. Salah satu sumber risiko terbesar adalah transmisi mekanis melalui tangan, alas kaki, dan peralatan yang tidak steril.

- a. **Sanitasi Personil:** Setiap orang yang masuk ke unit produksi wajib menggunakan *foot bath* (bak celup kaki) yang berisi larutan disinfektan seperti klorin atau kalium permanganat (KMnO_4). Penggunaan sabun antiseptik atau alkohol 70% untuk sterilisasi tangan juga harus dilakukan secara rutin sebelum dan sesudah menangani biota.
- b. **Manajemen Peralatan:** Fasilitas perbenihan harus menyediakan set peralatan (jaring, ember, selang) khusus untuk setiap unit bak atau kolam guna menghindari kontaminasi silang antar-populasi. Setelah digunakan, peralatan wajib dicuci bersih, didisinfeksi, dan dikeringkan di bawah sinar matahari.
- c. **Pengaturan Lalu Lintas:** Alur kerja personil harus diatur secara searah, dimulai dari area ikan yang paling muda/bersih menuju area ikan yang lebih tua atau area pengolahan limbah. Hal ini didasarkan pada fakta bahwa ikan yang lebih tua sering kali memiliki ketahanan lebih tinggi namun bisa bertindak sebagai pembawa patogen bagi larva yang lebih rentan.

D. Dinamika Penyakit pada Larva dan Benih Ikan

Fase larva merupakan titik kritis dalam akuakultur karena sistem imun non-spesifik maupun adaptif ikan belum berfungsi secara utuh. Pada tahap ini, kematian dapat terjadi secara masif dalam hitungan hari (akut) tanpa menunjukkan gejala klinis yang

jelas pada awalnya. Penyakit pada larva dapat dikategorikan menjadi infeksi bakterial, viral, fungal, dan parasitik, yang masing-masing memiliki mekanisme patogenesis yang berbeda.

1. Infeksi Bakteri Patogen dan Septikemia

Bakteri dari kelompok *Aeromonas*, *Vibrio*, dan *Flavobacterium* merupakan ancaman utama pada stadia benih. *Motile Aeromonas Septicemia* (MAS), yang disebabkan oleh *Aeromonas hydrophila*, sering kali menyebabkan "dropsy" atau perut kembung berisi cairan straw-colored akibat kegagalan organ internal ikan. Infeksi ini biasanya dipicu oleh tingginya beban organik dalam air yang mendukung pertumbuhan bakteri secara eksponensial.

Nama Penyakit	Agen Etiologi	Gejala pada Larva/Benih	Dampak Ekonomi
Vibriosis	<i>Vibrio parahaemolyticus</i> , <i>V. anguillarum</i>	Nekrosis otot, pendarahan kulit, borok mulut, mata menonjol.	Sangat tinggi pada benur udang dan benih ikan laut.
Columnaris	<i>Flavobacterium columnare</i>	Bercak putih/kuning di sirip dan punggung, sirip geripis, lesi nekrotik.	Kematian cepat pada ikan air tawar padat tebar tinggi.
Streptococcosis	<i>Streptococcus spp.</i>	Berenang spiral/tidak beraturan, pendarahan di pangkal sirip, mata kabur.	Kerugian masif pada budidaya ikan nila intensif.
Edwardsiellosis	<i>Edwardsiella tarda</i>	Luka terbuka kecil berbau busuk, operkulum melebar, anemia.	Mengancam komoditas lele dan patin.
Bacterial Gill Disease	<i>Flavobacterium branchiophilum</i>	Ikan megap-megap di permukaan, lamela insang menyatu dan kotor.	Gangguan pernapasan kronis pada benih.

Sumber data diolah

Vibrio spp. dikenal sebagai patogen yang sangat oportunistik. Konsentrasi amonia (NH_3) yang tinggi dalam media perbenihan terbukti berkorelasi positif dengan peningkatan kelimpahan bakteri *Vibrio* koloni hijau, yang sering kali bersifat lebih patogenik dibandingkan koloni kuning. Amonia tidak hanya merusak jaringan insang, tetapi juga melemahkan respons imun inang, sehingga memudahkan bakteri untuk masuk ke dalam sistem sirkulasi dan menyebabkan sepsitemia.

2. Ancaman Viral dan Penyakit Lintas Batas

Penyakit virus merupakan tantangan paling berat dalam perbenihan karena tidak ada obat kimia yang efektif untuk membunuh virus tanpa membunuh inangnya. *White Spot Syndrome Virus* (WSSV) tetap menjadi ancaman paling mematikan bagi perbenihan udang, dengan tingkat kematian mencapai 100% dalam waktu 3-10 hari. Virus ini menyebar secara horizontal melalui air dan kanibalisme, serta secara vertikal dari induk ke benih.

Pada ikan air tawar, *Tilapia Lake Virus* (TiLV) dan *Tilapia Parvovirus* (TiPV) telah dilaporkan menyebabkan kematian hingga 90% pada benih nila di berbagai wilayah di Indonesia. Gejala klinis serangan virus sering kali tidak spesifik, seperti warna tubuh yang menghitam, penurunan nafsu makan yang drastis, dan kerusakan organ internal yang hanya bisa dideteksi melalui uji molekuler seperti PCR (Polymerase Chain Reaction). Oleh karena itu, strategi utama menghadapi virus adalah pencegahan melalui biosekuriti dan penggunaan induk bersertifikat SPF (*Specific Pathogen Free*).

3. Parasitosis dan Dampak Sekunder

Parasit menyumbang persentase kasus penyakit terbesar pada perikanan air tawar (sekitar 74.88%). Larva ikan sering kali terserang protozoa seperti *Ichthyophthirius multifiliis* (penyebab bintik putih) dan *Trichodina spp.* yang menyerang permukaan kulit dan insang. Infestasi parasit menyebabkan iritasi kronis yang memicu produksi mukus berlebih, yang pada gilirannya

menghambat pertukaran gas di insang. Selain itu, luka mikroskopis akibat penempelan parasit menjadi pintu masuk bagi infeksi sekunder oleh bakteri dan jamur seperti *Saprolegnia spp.*

4. Patofisiologi Stres dan Mekanisme Imun larva

Stres merupakan faktor pemicu utama timbulnya penyakit di unit perbenihan. Respons stres pada ikan melibatkan aktivasi sistem neuroendokrin yang kompleks untuk menjaga homeostasis.

E. Peran Hormon Kortisol dalam Imunosupresi

Ketika larva ikan terpapar stresor (seperti fluktuasi suhu ekstrem, penanganan kasar, atau kepadatan tinggi), otak merangsang pelepasan katekolamin (adrenalin) dan kortisol. Kortisol dalam jangka pendek berfungsi untuk memobilisasi energi (glukosa) guna merespons stresor. Namun, paparan stres kronis menyebabkan kadar kortisol tetap tinggi, yang secara langsung menekan kinerja sel-sel imun. Kortisol menghambat produksi sitokin pro-inflamasi (IL- 1β dan TNF- α) dan menurunkan aktivitas sel pembunuh alami (Natural Killer cells), sehingga kemampuan ikan untuk melawan infeksi bakteri dan virus menurun drastis.⁵

F. Pengaruh Suhu dan Beban Organik

Suhu air secara langsung mempengaruhi laju metabolisme organisme ektotermik seperti ikan. Untuk larva lele dumbo (*Clarias gariepinus*), suhu optimal berkisar antara 28,75 – 30°C . Suhu yang terlalu rendah memperlambat pertumbuhan dan melemahkan respons imun, sementara suhu yang terlalu tinggi meningkatkan konsumsi oksigen dan mempercepat pembusukan bahan organik, yang memicu lonjakan amonia dan nitrit. Fluktuasi suhu harian yang lebih besar dari 30°C dapat mengganggu sistem antioksidan dalam tubuh ikan, memicu stres oksidatif yang merusak membran sel dan DNA larva.

Beban organik yang berasal dari sisa pakan yang tidak dikonsumsi dan ekskresi ikan diakumulasi dalam wadah budidaya. Bakteri heterotrof akan mendekomposisi bahan organik ini, namun proses tersebut mengonsumsi oksigen terlarut dalam jumlah besar dan menghasilkan amonia. Hubungan antara amonia dan infeksi sangat erat; amonia merusak sel-sel epitel insang (hiperplasia), yang mengurangi kapasitas ikan dalam mengekskresikan limbah metabolik dan menyerap oksigen, sehingga menciptakan kondisi fisiologis yang ideal bagi bakteri patogen untuk berkembang biak.

G. Strategi Pencegahan Penyakit dan Penguatan Biota

Mengingat kerentanan fase larva, manajemen kesehatan harus berfokus pada pencegahan berlapis melalui peningkatan kualitas input biologis dan manipulasi mikrobiota lingkungan.

1. Manajemen Induk SPF dan Vaksinasi Benih

Penggunaan induk ikan yang bersertifikat SPF merupakan langkah preventif paling fundamental untuk memutus rantai penularan penyakit secara vertikal. Induk SPF dipelihara dalam lingkungan dengan biosekuriti tingkat tinggi dan diuji secara berkala terhadap patogen target spesifik. Di tingkat hilir, vaksinasi benih kini mulai diterapkan untuk memberikan kekebalan spesifik terhadap penyakit tertentu. Vaksin trivalen, misalnya, mampu menginduksi antibodi terhadap tiga jenis penyakit sekaligus, yaitu MAS, streptococcosis, dan mycobacteriosis pada ikan air tawar, dengan nilai *Relative Percent Survival* (RPS) di atas 50%.

2. Aplikasi Probiotik dan Imunostimulan

Probiotik adalah agen mikroba yang menguntungkan bagi inang dengan cara berkompetisi dengan patogen, menghasilkan senyawa antimikroba alami, dan memperbaiki kualitas air. Bakteri dari genus *Bacillus* dan *Lactobacillus* sering diaplikasikan dalam perbenihan melalui metode perendaman larva (*immersion technique*). Probiotik membantu menstabilkan mikroflora usus larva yang baru berkembang, meningkatkan penyerapan nutrisi, dan merangsang sistem imun non-spesifik

melalui stimulasi produksi sel darah putih.

Imunostimulan adalah zat yang dapat meningkatkan respons imun inang tanpa memberikan kekebalan spesifik. Penggunaan bahan alami seperti saponin dari daun kelor (*Moringa oleifera*) telah terbukti secara ilmiah memperkuat sistem kekebalan hewan akuatik terhadap stres lingkungan dan beban patogen. Penambahan imunostimulan ke dalam pakan larva atau melalui air perendaman membantu ikan memproduksi lebih banyak enzim antioksidan dan sitokin, sehingga ikan lebih tahan terhadap serangan bakteri *Vibrio* atau *Aeromonas*.

3. Tindakan Pengobatan dan Penggunaan Fitofarmaka

Jika tindakan pencegahan gagal dan terjadi wabah penyakit, pengobatan harus dilakukan dengan prinsip yang tepat: cepat, tepat dosis, dan aman bagi lingkungan. Penggunaan antibiotik sintetis kini sangat dibatasi karena kekhawatiran terhadap resistensi antimikroba (AMR) dan residu dalam produk perikanan. Sebagai alternatif, penggunaan fitofarmaka atau obat herbal menjadi solusi yang semakin populer dan didukung oleh penelitian terbaru.

4. Efikasi Fitofarmaka dalam Perbenihan Ikan

Fitofarmaka mengandung senyawa bioaktif seperti alkaloid, flavonoid, saponin, dan tanin yang memiliki sifat antibakteri, antiparasit, dan antivirus. Keunggulan utama fitofarmaka adalah sifatnya yang mudah terurai (biodegradable) dan tidak meninggalkan residu berbahaya dalam tubuh ikan atau lingkungan perairan.

Nama Tanaman	Senyawa Bioaktif Utama	Sasaran Patogen	Dosis dan Metode Aplikasi
Bawang Putih (<i>Allium sativum</i>)	Allicin, Alil Sulfida	<i>Aeromonas hydrophila</i> , Virus KHV, Parasit <i>Ich.</i>	Perendaman: 30 gram dalam 100 liter air (untuk KHV) atau 25 mg/L untuk bakteri.
Jambu Biji (<i>Psidium guajava</i>)	Tanin, Eugenol, Vitamin C	Bakteri <i>Aeromonas spp.</i>	Pakan: 4-5 g daun halus dicampur pakan. Rendam: 1-2 g/5 L air selama 48 jam.
Babadotan (<i>Ageratum conyzoides</i>)	Flavonoid, Minyak Atsiri	<i>Aeromonas</i> , <i>Streptococcus</i> .	Kolam: 30 kg daun segar untuk 100 kg ikan (5-7 hari). Transportasi: 20 lembar/50 L air.
Akar Kuning (<i>Arcangelisia flava</i>)	Alkaloid (Berberin)	<i>Ichthyophthirius</i> , <i>Trichodina</i> .	Perendaman: Cacahan daun dan buah dicampur air media ikan sakit.
Kelor (<i>Moringa oleifera</i>)	Myrosine, Minyak Terbang	Bakteri penyebab mata menonjol.	Perendaman: Saringan sediaan 5 g daun halus dalam 100 ml air.
Ciplukan (<i>Physalis angulata</i>)	Physalin, Asam klorogenat	Borok dan radang kulit.	Perendaman: Rebusan 15-30 g daun segar dalam 100 ml air.

Sumber data diolah

Penggunaan bawang putih yang mengandung allicin terbukti efektif menghambat replikasi virus KHV pada ikan mas melalui mekanisme gangguan pada sintesis protein virus. Sementara itu, tanin dalam daun jambu biji bekerja dengan cara mengkoagulasi protein pada membran sel bakteri, menyebabkan kebocoran sitoplasma dan kematian sel patogen. Aplikasi fitofarmaka pada larva paling efektif dilakukan melalui metode perendaman karena larva memiliki luas permukaan tubuh yang besar dibandingkan volumenya, sehingga penyerapan senyawa bioaktif melalui kulit dan insang terjadi lebih cepat.

5. Manajemen Obat Terdaftar dan Legalitas

Setiap penggunaan obat ikan di unit perbenihan harus merujuk pada daftar obat yang telah teregistrasi di Kementerian Kelautan dan Perikanan (KKP). Registrasi ini memastikan bahwa produk tersebut telah melalui uji efikasi dan keamanan. Beberapa produk komersial yang umum digunakan meliputi sediaan multivitamin untuk meningkatkan ketahanan terhadap stres (seperti *Biovit Aquatic*), disinfektan wadah (seperti *Destan Aquatic*), dan probiotik pengurai bahan organik (seperti *Aquazyme*). Pengelola perbenihan wajib menyimpan catatan penggunaan obat (logbook) guna mendukung prinsip ketertelusuran (*traceability*) dalam sistem manajemen mutu.

H. Sistem Karantina Ikan: Benteng Pertahanan Nasional

Karantina ikan adalah sistem pencegahan masuk, keluar, dan tersebarnya Hama dan Penyakit Ikan Karantina (HPIK) di wilayah Negara Kesatuan Republik Indonesia. Berdasarkan Undang-Undang Nomor 21 Tahun 2019, karantina memiliki peran strategis dalam menjaga kelestarian sumber daya ikan dan memberikan jaminan kesehatan bagi komoditas yang dilalulintaskan.

1. Implementasi Tindakan Karantina (8P)

Setiap benih ikan atau media pembawa yang masuk ke suatu wilayah atau unit perbenihan bersertifikat harus melalui rangkaian tindakan karantina yang dikenal dengan istilah 8P.

- a. **Pemeriksaan:** Meliputi pemeriksaan dokumen (kelengkapan, keabsahan, kebenaran) dan pemeriksaan fisik/klinis pada ikan. Petugas memastikan jenis dan jumlah ikan sesuai dengan dokumen pendukung (Health Certificate).
- b. **Pengasingan:** Penempatan ikan dalam Instalasi Karantina Ikan (IKI) yang terisolasi dari populasi lain. Tujuannya adalah untuk mendeteksi penyakit yang memiliki masa inkubasi tertentu.
- c. **Pengamatan:** Melakukan pengamatan visual harian dan pengambilan sampel laboratorium untuk pengujian molekuler (PCR) atau mikrobiologi guna memastikan ikan bebas dari HPIK golongan I dan II.
- d. **Perlakuan:** Tindakan untuk membebaskan ikan dari patogen non-HPIK melalui disinfeksi, pemberian obat herbal/kimia, atau penyesuaian parameter kualitas air.
- e. **Penahanan:** Dilakukan jika persyaratan administratif belum terpenuhi atau jika hasil pengamatan menunjukkan adanya indikasi infeksi yang membutuhkan waktu uji laboratorium lebih lanjut.
- f. **Penolakan:** Instruksi untuk mengembalikan komoditas ke daerah asal jika ikan terbukti positif membawa HPIK yang dilarang atau dokumen tidak dapat dipenuhi setelah batas waktu penahanan.
- g. **Pemusnahan:** Tindakan pembinasaaan ikan dan media pembawanya jika terbukti positif membawa HPIK yang tidak dapat diobati, bersifat zoonosis (menular ke manusia), atau sangat merusak ekosistem.
- h. **Pembebasan:** Pemberian sertifikat pelepasan atau kesehatan ikan yang menyatakan bahwa komoditas tersebut aman untuk diedarkan atau dimasukkan ke dalam sistem budidaya utama.

2. Sertifikasi Cara Perbenihan Ikan yang Baik (CPIB)

Dalam lingkup operasional harian, unit perbenihan wajib menerapkan standar Cara Perbenihan Ikan yang Baik (CPIB) untuk mendapatkan sertifikasi resmi dari pemerintah melalui sistem OSS. Sertifikat CPIB menjamin bahwa seluruh proses, mulai dari manajemen induk, kualitas air, biosekuriti, hingga penggunaan obat, telah memenuhi standar teknis nasional. Bagi unit usaha skala mikro dan kecil, pemerintah memberikan kemudahan melalui sistem *self-declare* dengan pendampingan teknis selama satu tahun untuk pemenuhan syarat penuh. Masa berlaku sertifikat ini adalah 4 hingga 5 tahun, dengan audit rutin untuk memastikan kepatuhan terhadap protokol kesehatan ikan hulu-hilir.

I. Masa Depan Manajemen Kesehatan Perbenihan Ikan

Keberlanjutan industri perbenihan ikan sangat bergantung pada integrasi antara teknologi digital dan biologi. Penggunaan sensor kualitas air *real-time* yang terhubung dengan algoritma kecerdasan buatan dapat memprediksi timbulnya wabah penyakit berdasarkan tren fluktuasi amonia dan suhu. Selain itu, pengembangan vaksin berbasis DNA dan penggunaan probiotik yang dirancang khusus untuk spesies tertentu akan menjadi tren utama dalam mengurangi ketergantungan pada bahan kimia sintetis.

Sinergi antara otoritas karantina (seperti Badan Karantina Indonesia) dengan direktorat teknis perikanan budidaya sangat penting untuk menghilangkan celah (gap) dalam monitoring penyakit ikan di lapangan. Penguatan sistem ketertelusuran (*traceability*) dari tingkat induk hingga ke pasca-larva memastikan bahwa setiap masalah kesehatan yang muncul di tambak pembesaran dapat dilacak sumbernya hingga ke tingkat perbenihan. Dengan implementasi manajemen kesehatan yang komprehensif, biosekuriti yang disiplin, dan kepatuhan terhadap protokol karantina, industri perbenihan ikan nasional tidak hanya akan mencapai target produksi, tetapi juga mampu menghasilkan produk yang aman, berkualitas tinggi, dan memiliki daya saing global yang kuat.

Daftar Acuan

1. Manajemen Kesehatan Ikan | PDF - Scribd, accessed April 11, 2026, <https://id.scribd.com/document/449136634/MANAJEMEN-KESEHATAN-IKAN>
2. Langkah Penting Biosekuriti untuk Budidaya Ikan - De Heus Indonesia, accessed April 11, 2026, <https://www.deheus.id/archive-articles/langkah-penting-biosekuriti-untuk-budidaya-ikan>
3. Phytotherapy use for disease control in aquaculture: a review of the last 5 years, accessed April 11, 2026, https://www.researchgate.net/publication/374531469_Phytotherapy_use_for_disease_control_in_aquaculture_a_review_of_the_last_5_years
4. PENGARUH SUHU MEDIA PEMELIHARAAN TERHADAP LAJU PEMANGSAAN DAN PERTUMBUHAN LARVA IKAN LELE DUMBO (*Clarias gariepinus*) THE INFLU - Universitas Muhammadiyah Pontianak, accessed April 11, 2026, <https://openjurnal.unmuhpnk.ac.id/index.php/JR/article/download/923/708>
5. Stress dan Respon Sistem Pertahanan Tubuh Non Spesifik pada Ikan - Neliti, accessed April 11, 2026, <https://media.neliti.com/media/publications/620749-stress-dan-respon-sistem-pertahanan-tubuh-edc86c1e.pdf>
6. PRINSIP-PRINSIP DIAGNOSA DAN MANAJEMEN KESEHATAN IKAN - Universitas Diponegoro, accessed April 11, 2026, <https://eprints2.undip.ac.id/4300/1/PRINSIP2%20DIAGNOSA%20%20Juli%202017.pdf>
7. Ketahanan Ikan terhadap Penempelan Larva Glochidia Kerang Air Tawar dan Implikasinya terhadap Ekosistem Perairan, accessed April 11, 2026, <https://jurnal-id.com/index.php/jupin/article/download/870/454/5668>
8. An Overview of Fish Disease Diagnosis and Treatment in ... - MDPI, accessed April 11, 2026, <https://www.mdpi.com/2673-9496/5/4/18>

9. Penerapan Biosecurity dalam Budidaya Ikan | PDF | Sains ... - Scribd, accessed April 11, 2026, <https://id.scribd.com/document/678668722/Materi-Biosecurity>
10. Biosekuriti, Konsep Dasar dan Penerapan Menangkal Penyakit, accessed April 11, 2026, <https://www.medion.co.id/info-medion/biosekuriti-konsep-dasar-dan-penerapannya-guna-menangkal-penyakit/>
11. PEDOMAN BIOSEKURITI - Direktorat Jenderal Peternakan dan Kesehatan Hewan, accessed April 11, 2026, https://ditjenpkh.pertanian.go.id/storage/master/file/CiO9HPS_9_Pedoman_Biosekuriti_Ruminansia_Besar_FIN.pdf
12. Emerging viral diseases of fish and shrimp - PMC, accessed April 11, 2026, <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC2878170/>
13. PEDOMAN BIOSEKURITI PADA PETERNAKAN UNGGAS KOMERSIL, accessed April 11, 2026, https://ditjenpkh.pertanian.go.id/storage/master/file/t6mqrdDw_Pedoman_Biosekuriti_Unggas_FIN.pdf
14. Laporan Seminar Nasional Hasil Pemantauan HPIK Tahun 2024 SD ..., accessed April 11, 2026, <https://id.scribd.com/document/945936440/Laporan-Seminar-Nasional-Hasil-Pemantauan-HPIK-Tahun-2024-Sd-2025-Dir-MRKI-1>
15. Hubungan Kelimpahan Bakteri *Vibrio* sp dengan Bahan Organik Pada Ekosistem Mangrove di Desa Tapak Tugurejo, Semarang - ResearchGate, accessed April 11, 2026, https://www.researchgate.net/publication/390843300_Hubungan_Kelimpahan_Bakteri_Vibrio_sp_dengan_Bahan_Organik_Pada_Ekosistem_Mangrove_di_Desa_Tapak_Tugurejo_Semarang
16. An overview on understanding the major bacterial fish diseases in freshwater salmonids, accessed April 11, 2026, <https://www.frontiersin.org/journals/aquaculture/articles/10.3389/faqc.2025.1515831/full>
17. Total Amonia Dan Keberadaan Bakteri *Vibrio* Koloni Kuning Dan Hijau Pada Hatchery Di Pesisir Kalianda Lampung Selatan, accessed April 11, 2026, <https://ejournal-balitbang.kkp.go.id/index.php/psnp/article/viewFile/15288/92>

18. The Rising Tide: Challenges of Fish Diseases in Global Aquaculture | by NatureDots, accessed April 11, 2026, <https://medium.com/naturedots/the-rising-tide-challenges-of-fish-diseases-in-global-aquaculture-c6ca071a9282>
19. Vaname - Masyarakat Akuakultur Indonesia, accessed April 11, 2026, https://mai.or.id/wp-content/uploads/2025/12/Info-Akuakultur-Eds_130_Tahun-XI_DESEMBER_2025-2.pdf
20. Peraturan Menteri Kelautan dan Perikanan Nomor 24 Tahun 2025 tentang Persyaratan Dan Tata Cara Penerbitan Rekomendasi Teknis Pemasukan Calon Induk, Induk, Benih Ikan, Dan/ Atau Inti Mutiara Ke Dalam Wilayah Negara Republik Indonesia, accessed April 11, 2026, <https://jdih.kkp.go.id/Homedev/DetailPeraturan/6914>
21. (PDF) FITOFARMAKA SOLUSI MENGATASI PERMASALAHAN ..., accessed April 11, 2026, https://www.researchgate.net/publication/381618373_FITOFARMAKA_SOLUSI_MENGATASI_PERMASALAHAN_PENYAKIT_IKAN_YANG_RAMAH_LINGKUNGAN_SEBUAH_TINJAUANFITOFARMAKA_SOLUSI_MENGATASI_PERMASALAHAN_PENYAKIT_IKAN_YANG_RAMAH_LINGKUNGAN_SEBUAH_TINJAUAN
22. respon pertumbuhan dan nutrisi ikan lele dumbo terhadap variasi suhu sebagai strategi a - Jurnal AQUACULTURE Indonesia - Universitas Dharmawangsa Medan, accessed April 11, 2026, <https://jurnal.dharmawangsa.ac.id/index.php/akuakultur/article/download/6879/pdf>
23. Ammonia, Aquaculture System, Toxicity - Neliti, accessed April 11, 2026, <https://media.neliti.com/media/publications/330408-amonia-pada-sistem-budidaya-ikan-4e1c0c68.htm>
24. KARAKTERISTIK KUALITAS AIR DAN KEBERADAAN BAKTERI *Vibrio* sp. PADA WILAYAH TAMBAK UDANG TRADISIONAL DI PESISIR WUNDULAKO DAN POMALAA KOLAKA, accessed April 11, 2026, <https://jfmr.ub.ac.id/index.php/jfmr/article/view/604>

25. Pengaruh Probiotik Dalam Sistem Budidaya Ikan Berkelanjutan: Sebuah Pendekatan Berbasis Kajian Pustaka | Jurnal Perikanan dan Kelautan, accessed April 11, 2026, <https://sihojurnal.com/index.php/peraut/article/view/280>
26. Teknologi Perendaman Larva Ikan Baung Menggunakan Probiotik pada Kelompok Perikanan Desa Sawah, Kecamatan Kampar Utara - Journal of Rural and Urban Community Empowerment, accessed April 11, 2026, <https://jruce.ejournal.unri.ac.id/index.php/jruce/article/download/3306/2395/8160>
27. (Potensi Daun Kelor (*Moringa oleifera*) sebagai Bahan Anti-Stres Alami dalam Pakan Ikan berdasarkan Skrining Fitokimia Kualitatif), accessed April 11, 2026, <https://ejournal.unsrat.ac.id/v3/index.php/jplt/article/download/65055/51176>
28. (PDF) FITOFARMAKA SEBAGAI ALTERNATIF PERMASALAHAN PENYAKIT IKAN YANG RAMAH LINGKUNGAN UNTUK PEMBUDIDAYA IKAN - ResearchGate, accessed April 11, 2026, https://www.researchgate.net/publication/386543904_FITOFARMAKA_SEBAGAI_ALTERNATIF_PERMASALAHAN_PENYAKIT_IKAN_YANG_RAMAH_LINGKUNGAN_UNTUK_PEMBUDIDAYA_IKAN
29. Obat Ikan Terdaftar Dan Penyedia Obat Per Jenis Sediaan (270622) | PDF - Scribd, accessed April 11, 2026, <https://id.scribd.com/document/613144917/Obat-Ikan-Terdaftar-Dan-Penyedia-Obat-Per-Jenis-Sediaan-270622>
30. OBAT IKAN TERDAFTAR DI KKP, accessed April 11, 2026, <https://kkp.go.id/storage/Materi/obat-ikan-terdaftar-di-kkp-per-desember-20256966fbea2ab24/materi-6966fbea2d4e6.pdf>
31. TENTANG STANDAR PELAYANAN PUBLIK BALAI ... - PPID KKP, accessed April 11, 2026, https://ppid.kkp.go.id/media/uploads/Standar_Pelayanan_Publik_2025_OK.pdf

32. Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 21 Tahun 2019 - Wikisumber, accessed April 11, 2026, https://id.wikisource.org/wiki/Undang-Undang_Republik_Indonesia_Nomor_21_Tahun_2019
33. RENCANA STRATEGIS BALAI BESAR KARANTINA HEWAN, IKAN DAN TUMBUHAN SULAWESI SELATAN TAHUN 2024, accessed April 11, 2026, <https://ppid.karantinaindonesia.go.id/doc/21/RENSTRA%20BBKHIT%20SULSEL%202024-FIX-CMR.pdf>
34. BKIPM - PPID KKP, accessed April 11, 2026, https://ppid.kkp.go.id/media/uploads/document_information_public/RENSTRA_BKIPM_2020-2024_REVISI_2023_2.pdf
35. Prosedur Karantina Hewan dan Tindakan 8P | PDF - Scribd, accessed April 11, 2026, <https://id.scribd.com/document/733505997/karantina-bagian-riri>
36. BALAI BESAR UJI STANDAR KARANTINA HEWAN IKAN DAN TUMBUHAN TA 2024, accessed April 11, 2026, [https://ppid.karantinaindonesia.go.id/doc/27/Renstra%20BBUSKHIT%202024-Rev1%20\(2\).pdf](https://ppid.karantinaindonesia.go.id/doc/27/Renstra%20BBUSKHIT%202024-Rev1%20(2).pdf)
37. PPID Badan Karantina Indonesia, accessed April 11, 2026, <https://ppid.karantinaindonesia.go.id/doc/13/Manual%20IKU%20Rev%202024-1.pdf>
38. DIREKTORAT JENDERAL PERIKANAN BUDI DAYA KEMENTERIAN KELAUTAN DAN PERIKANAN - PPID KKP, accessed April 11, 2026, https://ppid.kkp.go.id/media/uploads/document_information_public/02._DRAFT_RENSTRA_PB_2025-2029.pdf

BAB 9

TATA KELOLA PEMANENAN, AKLIMATISASI, INOVASI KEMASAN DAN TEKNOLOGI TRANSPORTASI BENIH IKAN



Gambar. 9.1. Infografis Tata Kelola Pemanenan, Aklimatisasi, Inovasi Kemasan dan Teknologi Transportasi Benih Ikan

Sektor akuakultur global saat ini menghadapi tantangan besar dalam mengoptimalkan rantai pasok, terutama pada fase transisi antara unit perbenihan dan unit pembesaran. Keberhasilan distribusi benih ikan sangat bergantung pada integrasi berbagai disiplin ilmu, mulai dari teknik penanganan fisik saat pemanenan, pemahaman mendalam tentang fisiologi stres selama aklimatisasi, hingga penerapan inovasi material dan nanoteknologi dalam sistem pengemasan dan transportasi. Efisiensi pada setiap tahapan pasca-panen bukan hanya menentukan tingkat kelulushidupan benih, tetapi juga mempengaruhi performa pertumbuhan jangka panjang dan profitabilitas usaha budidaya secara keseluruhan.

A. Teknik Pemanenan Benih Ikan: Presisi Metodologi dan Manajemen Stres

Pemanenan benih ikan merupakan langkah awal yang krusial dalam logistik akuakultur. Proses ini melibatkan manipulasi fisik intensif yang dapat memicu respons stres akut jika tidak dilakukan dengan prosedur yang benar. Teknik pemanenan harus disesuaikan dengan karakteristik biologis spesies, stadia ukuran benih, dan tipe wadah budidaya.

1. Klasifikasi dan Prosedur Operasional Pemanenan

Secara fundamental, teknik pemanenan dibagi menjadi dua kategori utama, yaitu pemanenan total dan pemanenan parsial atau selektif. Pemilihan antara kedua metode ini didasarkan pada strategi pemasaran dan kebutuhan manajemen stok di unit budidaya.

Karakteristik	Pemanenan Total	Pemanenan Parsial (Selektif)
Tujuan Utama	Pengosongan seluruh populasi untuk siklus baru.	Pengambilan benih yang sudah mencapai ukuran pasar tertentu.
Pengelolaan Air	Pengeringan kolam hingga tersisa 10-20% volume.	Pengurangan air minimal atau tanpa pengeringan.
Alat Utama	Seser, jaring tarik, dan petak penangkapan.	Jaring dengan ukuran mata (mesh size) spesifik atau grading net.
Intensitas Stres	Sangat tinggi bagi seluruh populasi.	Moderat, namun berisiko bagi ikan yang tersisa di kolam.
Aplikasi Spesies	Ikan lele, nila, mas (akhir masa pendederan).	Udang vannamei, nila (ukuran bertahap).

Pemanenan total diawali dengan pengeringan kolam secara bertahap. Selama proses penyurutan air, aliran air segar harus tetap dipertahankan untuk mencegah kondisi anoksia dan akumulasi panas berlebih di area penangkapan. Ikan akan berkumpul di bagian terdalam atau pada "petak pemanen" yang telah disiapkan secara khusus di dekat pintu pengeluaran air. Petak ini biasanya berukuran sekitar 1 meter persegi untuk memudahkan penangkapan menggunakan seser atau serokan tanpa menyebabkan kekeruhan air yang ekstrem akibat lumpur yang teraduk.

Pemanenan parsial atau selektif lebih mengandalkan pemilihan ukuran benih secara langsung di dalam air. Teknik ini sering menggunakan umpan berupa dedak atau pakan untuk menarik konsentrasi ikan ke dalam jaring yang dipasang di sudut kolam.¹ Keuntungan utama dari metode parsial adalah terjaganya stabilitas ekosistem kolam bagi ikan yang belum dipanen, meskipun penangkapan berulang dapat menyebabkan trauma fisik ringan pada populasi yang tersisa.

2. Faktor Lingkungan dan Waktu Pemanenan

Waktu pelaksanaan panen memiliki pengaruh signifikan terhadap metabolisme ikan. Pemanenan sangat direkomendasikan untuk dilakukan pada saat suhu lingkungan rendah, yakni pada pagi hari antara pukul 05.00 hingga 08.00 atau pada sore hari antara pukul 15.00 hingga 18.00. Suhu air yang tinggi di siang hari akan memacu metabolisme basal ikan, yang secara otomatis meningkatkan konsumsi oksigen secara drastis di saat kelarutan oksigen dalam air justru menurun. Kondisi ini seringkali menyebabkan "metabolic exhaustion" yang berujung pada kematian masal pasca-penangkapan.

3. Persiapan Pra-Panen dan Pemberokan

Sebelum dilakukan pemanenan, benih ikan wajib melalui tahap pemberokan atau pemuasaan. Proses ini dilakukan selama minimal 24 jam dengan tujuan utama mengosongkan saluran pencernaan. Secara fisiologis, pemuasaan menurunkan laju metabolisme standar (Standard Metabolic Rate/SMR), sehingga kebutuhan oksigen selama transportasi menjadi lebih

rendah. Selain itu, pengosongan lambung meminimalkan ekskresi feses dan amonia ke dalam media angkut, yang merupakan faktor kunci dalam mempertahankan kualitas air di dalam kemasan tertutup.

Penyortiran (sorting) dan penggolongan ukuran (grading) juga dilakukan segera setelah panen. Penyortiran bertujuan untuk memisahkan ikan yang menunjukkan tanda-tanda penyakit, cacat fisik, atau luka mekanis akibat alat tangkap. Grading dilakukan untuk memastikan keseragaman ukuran dalam satu wadah angkut, yang penting untuk mencegah kanibalisme pada beberapa spesies dan mempermudah perhitungan kepadatan tebar.

B. Mekanisme Fisiologis dan Biokimia Aklimatisasi Benih Ikan

Aklimatisasi merupakan fase krusial di mana benih ikan dipaksa untuk menyesuaikan kondisi fisiologis internalnya dengan parameter lingkungan yang baru. Kegagalan aklimatisasi sering kali bermanifestasi dalam bentuk kematian tertunda (delayed mortality) yang terjadi beberapa hari setelah benih dilepaskan di lokasi baru.

1. Osmoregulasi dan Adaptasi terhadap Salinitas

Salah satu tantangan terbesar dalam aklimatisasi adalah perubahan salinitas, terutama bagi spesies seperti ikan nila (*Oreochromis niloticus*) yang dipindahkan dari perbenihan air tawar ke media air payau. Osmoregulasi adalah proses aktif yang memerlukan energi besar untuk menjaga keseimbangan konsentrasi osmotik cairan tubuh.

Kondisi Media	Respons Fisiologis Ikan	Kebutuhan Energi
Hiposmotik (Air Tawar)	Membuang kelebihan air melalui urine, menyerap ion.	Rendah hingga moderat.
Isosmotik	Tekanan osmotik tubuh sama dengan media.	Minimal (Optimal untuk pertumbuhan).
Hiperosmotik (Air Payau/Laut)	Minum banyak air, mengeluarkan ion melalui insang secara aktif.	Sangat tinggi.

Ikan nila memiliki sifat eurihalin, namun adaptasi terhadap salinitas tinggi (hingga 20-30 ‰) harus dilakukan secara bertahap melalui metode peningkatan salinitas sekitar 1 ‰ per hari. Adaptasi bertahap ini memungkinkan sel-sel klorida pada insang untuk berproliferasi dan meningkatkan aktivitas enzim $Na^+/K^+ - ATPase$ tanpa menyebabkan stres seluler yang parah. Jika proses ini dilakukan secara optimal, energi yang dialokasikan untuk osmoregulasi dapat dikelola dengan efisien, sehingga tidak mengganggu laju pertumbuhan spesifik (Specific Growth Rate/SGR) benih secara signifikan.

2. Dinamika Hormonal dan Respons Stres

Secara biokimia, paparan terhadap perubahan parameter kualitas air (suhu, pH, salinitas) mengaktifkan aksis *Hypothalamic-Pituitary-Interrenal* (HPI). Stimulus stres merangsang hipotalamus untuk melepaskan *Corticotropin-Releasing Factor* (CRF), yang kemudian memicu sekresi *Adrenocorticotrophic Hormone* (ACTH) dari pituitari. ACTH akhirnya menstimulasi sel interrenal untuk melepaskan kortisol ke dalam sirkulasi darah.

Pelepasan kortisol memicu serangkaian respons sekunder, termasuk kenaikan kadar glukosa darah melalui glikogenolisis hepatik untuk menyediakan energi instan bagi mekanisme koping stres. Kadar glukosa darah normal pada ikan nila berkisar antara 40-90 mg/dL, namun dapat melonjak hingga di atas 170 mg/dL saat terjadi stres akut selama transportasi atau aklimatisasi yang buruk. Selain itu, stres kronis akibat parameter lingkungan yang tidak sesuai dapat menurunkan nilai hematokrit dan hemoglobin, yang secara langsung melemahkan kapasitas transportasi oksigen dalam darah dan menekan sistem imun.

3. Parameter Kualitas Air dalam Aklimatisasi

Stabilitas parameter kimia dan fisika air selama masa adaptasi menentukan ambang batas toleransi ikan. Untuk ikan nila, suhu optimal berkisar antara 26-30°C, dengan toleransi pH pada rentang 7-8. Pada spesies laut seperti ikan badut (*Amphiprion sp.*), stabilitas salinitas pada kisaran 30-35 ppt dan kadar oksigen terlarut (DO) di atas 4 mg/L adalah syarat mutlak untuk kelulushidupan larva dan benih. Penggunaan sensor pemantauan otomatis saat ini menjadi inovasi penting yang memungkinkan deteksi dini perubahan parameter air secara real-time selama proses aklimatisasi di bak penampungan.

C. Inovasi Material dan Teknologi Pengemasan Benih Ikan

Pengemasan adalah komponen vital dalam logistik perikanan hidup. Inovasi di bidang ini berfokus pada dua aspek utama: pengurangan dampak lingkungan melalui penggunaan material biodegradable dan peningkatan efisiensi termal melalui teknologi penyimpanan energi laten.

1. Implementasi Polylactic Acid (PLA) sebagai Alternatif Biodegradable

Kantong plastik polietilen (PE) yang umum digunakan memiliki jejak karbon yang tinggi dan sulit terurai di alam. *Polylactic Acid* (PLA) muncul sebagai solusi inovatif yang dibuat dari fermentasi pati tanaman seperti jagung, singkong, atau tebu. PLA memiliki sifat mekanik yang mirip dengan plastik

konvensional, namun sepenuhnya dapat terurai secara hayati dalam kondisi tertentu.

Properti Material	Polietilen (Plastik Konvensional)	Polylactic Acid (PLA)
Sumber Bahan Baku	Minyak bumi (non-terbarukan).	Pati tanaman (terbarukan).
Biodegradabilitas	Sangat rendah (ratusan tahun).	Tinggi (dapat dikomposkan).
Transparansi	Baik.	Sangat baik (kejernihan tinggi).
Biokompatibilitas	Terbatas.	Sangat tinggi (aman untuk kontak pangan).
Ketahanan Panas	Moderat.	Perlu modifikasi untuk suhu tinggi.

Modifikasi PLA melalui penambahan nanokomposit atau agen aktif seperti kitosan dan kuersetin dapat meningkatkan sifat fungsional kemasan, termasuk peningkatan barier gas terhadap oksigen dan aktivitas antimikroba yang berguna untuk menjaga kesehatan benih selama perjalanan. Meskipun biaya produksi PLA saat ini masih 2-3 kali lebih mahal dibandingkan plastik berbasis minyak bumi, dukungan kebijakan lingkungan dan kemajuan teknologi fermentasi diperkirakan akan menurunkan harga PLA di masa depan, menjadikannya standar baru dalam pengemasan perikanan berkelanjutan.

2. Teknologi Phase Change Materials (PCM) untuk Regulasi Termal

Stabilitas suhu adalah tantangan terbesar dalam transportasi jarak jauh. Penggunaan es batu konvensional sering kali tidak efektif karena suhu yang fluktuatif dan berat jenis yang besar. *Phase Change Materials* (PCM) menawarkan kemampuan untuk menyerap dan melepaskan panas laten pada suhu transisi yang spesifik, sehingga menjaga suhu internal kemasan tetap konstan dalam jangka waktu lama.

Aplikasi PCM pada kotak berinsulasi *Expanded Polystyrene* (EPS) dapat memperpanjang durasi stabilitas suhu dari hanya beberapa jam menjadi lebih dari 80 jam. Larutan eutektik seperti campuran garam dan air yang diformulasikan dengan titik leleh sesuai kebutuhan spesies (misalnya 5 °C untuk transportasi dingin) terbukti lebih efisien daripada es balok. Penggunaan PCM dalam sistem distribusi benih tidak hanya meningkatkan kelulushidupan, tetapi juga secara ekonomi mengurangi biaya operasional hingga 59% karena pengurangan tingkat kerusakan dan kemampuan modul PCM untuk digunakan kembali berkali-kali.

D. Mekanisme Transportasi dan Manajemen Kualitas Air

Transportasi benih ikan hidup secara umum dibagi menjadi dua sistem utama: sistem basah (menggunakan media air) dan sistem kering (tanpa media air bebas). Pemilihan sistem ini sangat bergantung pada jarak tempuh, jenis ikan, dan efisiensi biaya angkut.

1. Transportasi Sistem Basah: Terbuka vs Tertutup

Sistem basah terbuka biasanya menggunakan wadah besar (drum atau tangki) yang dilengkapi dengan aerator kontinu, cocok untuk jarak pendek hingga menengah di mana pengawasan langsung dapat dilakukan. Sebaliknya, sistem basah tertutup menggunakan kantong plastik ganda yang diisi air dan oksigen murni dengan perbandingan volume air terhadap oksigen sebesar 1:2 atau 1:3.

Faktor kritis dalam sistem tertutup adalah akumulasi produk sisa metabolisme. Karena air tidak disirkulasi, konsentrasi CO₂ akan meningkat, yang memicu penurunan pH. Meskipun penurunan pH menggeser keseimbangan amonia dari bentuk toksik (NH₃) menjadi bentuk non-toksik (NH₄⁺), asidosis yang berlebihan tetap membahayakan fisiologi ikan. Oleh karena itu, penggunaan oksigen murni bertekanan di dalam kemasan tertutup adalah imperatif untuk mempertahankan kadar oksigen terlarut di atas ambang batas kritis hipoksia.

2. Transportasi Sistem Kering dan Imotilisasi Suhu Rendah

Transportasi sistem kering melibatkan pengangkutan ikan dalam kondisi metabolisme yang sangat rendah tanpa media air bebas. Ikan ditempatkan dalam media lembap seperti ampas tebu atau busa yang didinginkan. Kunci dari metode ini adalah proses pemingsanan atau imotilisasi melalui penurunan suhu secara bertahap hingga mencapai suhu tidur (dormancy).

Tahapan Sistem Kering	Prosedur Operasional
Penurunan Suhu	Penambahan es secara perlahan hingga air mencapai 10-15°C .
Pengemasan	Penempatan ikan dalam media lembap dingin (ampas tebu/busa).
Durasi Angkut	Efektif untuk 6 hingga 14 jam (tergantung spesies).
Penyadaran	Pengembalian ke air suhu normal secara bertahap dengan aerasi kuat.

Sistem ini sangat menguntungkan untuk pengiriman kargo udara karena berat kemasan yang jauh lebih ringan tanpa bobot air yang signifikan. Namun, tidak semua spesies ikan

tahan terhadap sistem kering; ikan bersisik keras dan yang memiliki kemampuan respirasi kulit yang baik cenderung menunjukkan tingkat kelulushidupan yang lebih tinggi dalam sistem ini.

E. Aplikasi Bahan Anestesi Alami dalam Transportasi

Untuk menekan laju metabolisme dan mengurangi stres fisik selama pengangkutan, penggunaan bahan anestesi atau pembiusan menjadi praktik standar. Inovasi terbaru sangat menekankan penggunaan ekstrak tumbuhan alami sebagai alternatif yang lebih aman dan bebas residu kimia dibandingkan anestesi sintetis.

1. Ekstrak Daun Bandotan (*Ageratum conyzoides*)

Daun bandotan mengandung senyawa aktif yang mampu memberikan efek sedasi tercepat (sekitar 20 menit pada dosis 350 mg/3L) pada benih ikan nila. Penggunaan ekstrak ini pada benih ikan mas terbukti secara signifikan menurunkan kadar glukosa darah pasca-transportasi dan mempertahankan kelulushidupan di atas 93%. Senyawa kimia dalam bandotan bekerja dengan menekan sistem saraf pusat, sehingga ikan menjadi tenang dan konsumsi oksigen menurun drastis.

2. Ekstrak Lempuyang (*Zingiber zerumbet*) dan Akar Tuba (*Paraderris elliptica*)

Ekstrak lempuyang gajah terbukti efektif sebagai analgesik dan anestesi alami. Dosis aplikasi sebesar 5 mL/L pada media transportasi benih nila ukuran 3-5 cm memungkinkan pengangkutan dengan kepadatan tinggi (145 ekor/L) selama 15 jam dengan tingkat kelulushidupan mencapai 99-100%. Kandungan saponin dalam lempuyang memberikan efek penenang yang stabil tanpa efek samping toksik yang permanen.

Sementara itu, ekstrak akar tuba yang mengandung rotenon dosis rendah (0,20 mL/L) telah diuji pada ikan mas koki. Pada konsentrasi ini, laju konsumsi oksigen dapat ditekan hingga 0,039 mg/menit, yang menunjukkan efektivitas luar biasa dalam penghematan energi metabolik selama transportasi

sistem tertutup. Pemulihan ikan pasca-bius menggunakan bahan-bahan alami ini umumnya berlangsung cepat (5-40 menit) saat ikan dipindahkan ke air segar ber-aerasi, tanpa menunjukkan gejala disfungsi saraf jangka panjang.

3. Teknologi Nanobubble dalam Transportasi Benih Ikan

Nanobubble merupakan terobosan dalam nanoteknologi yang diaplikasikan untuk optimasi kualitas air. Nanobubble adalah gelembung gas berukuran kurang dari 200 nm yang memiliki karakteristik fisik unik dan sangat berbeda dari gelembung udara konvensional.

4. Karakteristik dan Keunggulan Nanobubble

Gelembung berukuran nano memiliki gaya angkat (buoyancy) yang sangat kecil, sehingga alih-alih naik ke permukaan dan pecah, gelembung ini cenderung tetap tersuspensi di dalam air dalam waktu yang sangat lama (12-24 jam). Selain itu, nanobubble memiliki luas permukaan spesifik yang sangat besar per unit volume, yang secara dramatis meningkatkan efisiensi transfer oksigen ke dalam air.

Parameter	Aerasi Konvensional	Teknologi Nanobubble
Ukuran Gelembung	>50 μm (Makro/Mikro).	<200 nm (Nano).
Durasi Stabilitas	Singkat (1-2 jam).	Sangat Lama (12-24 jam).
Kadar Oksigen (DO)	Maksimal jenuh (6-8 mg/L).	Bisa mencapai super-jenuh (>20 mg/L).
Tekanan Internal	Rendah.	Sangat Tinggi.
Efek Tambahan	Hanya suplai oksigen.	Sterilisasi bakteri, reduksi amonia.

F. Aplikasi dalam Transportasi Jarak Jauh

Dalam pengangkutan benih udang vannamei dan ikan sidat, penggunaan teknologi nanobubble mampu mempertahankan kadar oksigen terlarut tetap tinggi meskipun durasi transportasi mencapai 48 jam. Nanobubble juga berperan dalam proses oksidasi polutan organik dan menurunkan daya racun amonia serta nitrit melalui mekanisme radikal bebas yang dihasilkan saat gelembung nano pecah secara spontan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa benih yang diangkut dengan sistem nanobubble memiliki tingkat stres yang jauh lebih rendah, ditandai dengan kadar glukosa darah yang tetap stabil dibandingkan dengan penggunaan oksigen murni biasa.

Analisis Integrasi dan Implikasi Strategis

Keberhasilan manajemen pasca-panen tidak dapat dilihat sebagai tahapan yang terisolasi. Terdapat hubungan kausalitas yang kuat antara kualitas pemanenan, ketepatan aklimatisasi, dan inovasi transportasi.

Sinergi Termal dan Biokimia

Penggunaan PCM untuk menjaga suhu rendah secara stabil berhubungan langsung dengan efektivitas bahan anestesi alami. Suhu rendah menurunkan laju kinetika enzim dalam tubuh ikan, yang memperkuat efek sedasi dari ekstrak tumbuhan seperti lempuyang atau bandotan. Kombinasi antara regulasi suhu PCM dan anestesi alami menciptakan kondisi "suspended animation" yang paling optimal bagi ikan, di mana metabolisme ditekan hingga batas minimal tanpa menyebabkan kerusakan jaringan.

G. Keberlanjutan Lingkungan dan Ekonomi

Transisi dari plastik PE ke PLA dan dari es batu ke PCM mencerminkan pergeseran paradigma menuju akuakultur yang lebih ramah lingkungan dan efisien secara energi. Meskipun investasi awal untuk peralatan nanobubble atau modul PCM relatif tinggi, pengurangan angka kematian benih dan penghematan biaya transportasi air memberikan pengembalian investasi (ROI) yang cepat bagi pelaku usaha. Selain itu, penggunaan material biodegradable seperti PLA membantu industri perikanan

memenuhi standar sertifikasi internasional yang semakin ketat terkait jejak karbon dan polusi plastik.

H. Masa Depan Teknologi Pasca-Panen

Integrasi Internet of Things (IoT) dengan teknologi nanobubble dan sensor kualitas air akan memungkinkan pemantauan kondisi benih selama transportasi secara remote. Penggunaan kecerdasan buatan untuk memprediksi dosis anestesi yang tepat berdasarkan biomassa dan durasi perjalanan juga menjadi area riset yang menjanjikan. Pengembangan material kemasan aktif yang tidak hanya biodegradable tetapi juga dapat melepaskan nutrisi atau probiotik secara terkontrol selama perjalanan dapat menjadi inovasi berikutnya dalam meningkatkan kebugaran benih setibanya di lokasi tujuan.

Secara keseluruhan, pemahaman mendalam tentang mekanisme fisiologis dan biokimia ikan yang dipadukan dengan inovasi teknik dan material adalah kunci untuk meminimalkan kerugian ekonomi akibat kematian benih. Strategi terintegrasi ini memastikan bahwa benih ikan sampai ke tangan pembudidaya pembesaran dalam kondisi prima, siap untuk mendukung ketahanan pangan global melalui produksi akuakultur yang berkelanjutan dan efisien. Penekanan pada teknik pemanenan yang higienis, aklimatisasi yang presisi, serta transportasi yang cerdas akan terus menjadi pilar utama kemajuan sektor perikanan di masa mendatang.

Daftar Acuan

1. Proses Pemanenan Ikan Budidaya | PDF | Kesehatan Holistik | Sains & Matematika - Scribd, accessed April 22, 2026, <https://id.scribd.com/document/532488065/pemanenan>
2. Phase Change Materials-Based Biodegradable Packaging for Perishable Food | Request PDF - ResearchGate, accessed April 22, 2026, https://www.researchgate.net/publication/399953952_Phase_Change_Materials-Based_Biodegradable_Packaging_for_Perishable_Food
3. Mengenal Teknologi Nanobubble | JALA Blog, accessed April 22, 2026, <https://jala.tech/id/blog/tips-budidaya/mengenal-teknologi-nanobubble-1>
4. Panduan Pemanenan dan Pasca Panen Ikan | PDF - Scribd, accessed April 22, 2026, <https://id.scribd.com/document/906842923/Materi-Ajar-Teknik-Penanganan-Pasca-Panen-Ikan>
5. Model Simulasi Panen Parsial Pada Pengelolaan Budidaya Intensif ..., accessed April 22, 2026, <https://journal.ibrahimy.ac.id/index.php/JSAPI/article/view/928>
6. Model Simulasi Panen Parsial Pada Pengelolaan Budidaya Intensif Udang Vannamei (*Litopenaeus vannamei*) - ResearchGate, accessed April 22, 2026, https://www.researchgate.net/publication/346369703_Model_Simulasi_Panen_Parsial_Pada_Pengelolaan_Budidaya_Intensif_Udang_Vannamei_Litopenaeus_vannamei
7. Pengangkutan Ikan Agar Aman Sampai Tujuan - DKP Jawa Timur, accessed April 22, 2026, <https://dkp.jatimprov.go.id/unit/lab-kil/news/view/4125>
8. Teknik Pemanenan Dan Pasca Panen Ikan 2 Xi 4(1) - Academia.edu, accessed April 22, 2026, https://www.academia.edu/37206284/Teknik_Pemanenan_Dan_Pasca_Panen_Ikan_2_Xi_4_1_

9. Bak Sortir Ikan - Grading - Benih Ikan Nila, accessed April 22, 2026, <https://benihikannila.com/product/bak-sortir-ikan-grading/>
10. Adaptasi Salinitas Mampu Meningkatkan Pertumbuhan dan ..., accessed April 22, 2026, <https://ejournal2.undip.ac.id/index.php/jkt/article/download/22546/10918>
11. Respon Stress Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*) yang Dipelihara Pada Media Salinitas Berbeda - Universitas Jenderal Soedirman, accessed April 22, 2026, <https://jos.unsoed.ac.id/index.php/maiyah/article/download/9777/4355>
12. p-ISSN 2656-3746 e-ISSN 2685-0664 PENGARUH PERBEDAAN SALINITAS TERHADAP KELANGSUNGAN HIDUP DAN PERTUMBUHAN BENIH IKAN NILA MERAH - Jurnal Perikanan dan Ilmu Kelautan, accessed April 22, 2026, <https://fisheries.hangtuah.ac.id/index.php/Fisheries/article/download/61/41/128>
13. Pengaruh Salinitas Berbeda terhadap Pertumbuhan dan Tingkat Kelangsungan Hidup Benih Ikan Nila Merah (*Oreochromis Niloticus*) d - eJurnal UNG, accessed April 22, 2026, <https://ejurnal.ung.ac.id/index.php/nike/article/download/1315/1061>
14. Ekspresi Mitogen-Activated Protein Kinases (MAPKs) dan Hormon Kortisol Pada Benih Ikan Lele Dumbo (*Clarias gariepinus*) Terhadap Intensitas Cahaya yang Berbeda - Universitas Brawijaya, accessed April 22, 2026, <https://repository.ub.ac.id/178156/1/Muhammad%20Rezki%20Fauzi%20%282%29.pdf>
15. Respon Hormon Stress dan Glukosa Darah Benih Ikan Maru (*Channa Maruloides*) terhadap Suhu Berbeda - Semantic Scholar, accessed April 22, 2026, <https://pdfs.semanticscholar.org/a6f6/8f4be6bf8c6591823908d07ff3e0ca398dd7.pdf>
16. i RESPON STRES IKAN NILA (*Oreochromis niloticus*) AKIBAT PAPARAN SENYAWA POLIFENOL EKSTRAK DAUN MANGROVE (*Rhizophora mucronata*) - Universitas Brawijaya,

- accessed April 22, 2026,
<https://repository.ub.ac.id/186871/6/Nelvan%20Subayu.pdf>
17. Transportasi Benih Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*) Dengan ...,
 accessed April 22, 2026,
<http://jurnalpertanianumpar.com/index.php/jgt/article/download/1253/609>
18. PERBEDAAN SALINITAS TERHADAP PERTUMBUHAN DAN KELANGSUNGAN HIDUP BENIH IKAN BADUT PERCULA (*Amphiprion percula*) - Institutional Repository USNI, accessed April 22, 2026,
<https://repository.usni.ac.id/repository/3e5d41bf9e387cead731aef13426eaa1.pdf>
19. teknologi tepat guna (ttg) nano bubble untuk budi daya ikan - ResearchGate, accessed April 22, 2026,
https://www.researchgate.net/publication/391430233_TEKNOLOGI_TEPAT_GUNA_TTG_NANO_BUBBLE_UNTUK_BUDI_DAYA_IKAN
20. KEMAJUAN TERKINI DALAM PENGEMASAN BIODEGRADABLE: PENGGUNAAN KEMASAN BERBASIS POLY(LACTIC-ACID)-TINJAUAN SISTEMATIS | Request PDF - ResearchGate, accessed April 22, 2026,
https://www.researchgate.net/publication/389874959_KEMAJUAN_TERKINI_DALAM_PENGEMASAN_BIODEGRADABLE_PENGGUNAAN_KEMASAN_BERBASIS_POLYLACTIC-ACID-TINJAUAN_SISTEMATIS
21. Asam Polilaktat (PLA): Bahan Plastik Biodegradable dan Aplikasinya - Rantai Chemical, accessed April 22, 2026,
<https://www.sdruntaichem.com/id/application-of-polylactic-acid-in-2025/>
22. KEMAJUAN TERKINI DALAM PENGEMASAN BIODEGRADABLE: PENGGUNAAN KEMASAN BERBASIS POLY(LACTIC-ACID)- TINJAUAN SISTEMATIS - Jurnal, accessed April 22, 2026,
<https://jurnal.usbypkp.ac.id/index.php/ProsidingSoBAT/article/download/4174/1210>

23. Bahan kemasan makanan Bio-Degradable - resin pelet PLA telah menjadi kesayangan baru industri pengemasan makanan - iSuoChem, accessed April 22, 2026, https://id.schem.net/blog/bio-degradable-food-packaging-material-pla-pellets-resin-has-become-the-new-darling-of-the-food-packaging-industry_b55
24. Biodegradable Quercetin-Incorporated Poly(Lactic Acid)/Chitosan Functional Films: A Study of the Properties and Application in Enhancing Fish Preservation - PMC, accessed April 22, 2026, <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC12385204/>
25. Improving Performance of Cold-Chain Insulated Container with Phase Change Material: An Experimental Investigation - MDPI, accessed April 22, 2026, <https://www.mdpi.com/2076-3417/7/12/1288>
26. APPLICATION OF PHASE CHANGE MATERIALS (PCM'S) TO PRESERVE THE FRESHNESS OF SEAFOOD PRODUCTS - Neliti, accessed April 22, 2026, <https://media.neliti.com/media/publications/106699-EN-application-of-phase-change-materials-pc.pdf>
27. (PDF) Application Of Phase Change Materials (PCM's) To Preserve The Freshness Of Seafood Products - ResearchGate, accessed April 22, 2026, https://www.researchgate.net/publication/315632309_Application_Of_Phase_Change_Materials_PCM's_To_Preserve_The_Freshness_Of_Seafood_Products
28. Efektivitas Perubahan Fase Material KCl/H₂O sebagai Sistem Pendingin Ikan Laut, accessed April 22, 2026, <https://jfu.fmipa.unand.ac.id/index.php/jfu/article/view/1232>
29. Pengembangan Sistem Pendingin Cold Box Penyimpanan Ikan Dengan Pemanfaatan Pcm, accessed April 22, 2026, https://www.researchgate.net/publication/377339185_Pengembangan_Sistem_Pendingin_Cold_Box_Penyimpanan_Ikan_Dengan_Pemanfaatan_Pcm
30. Transportasi Ikan Hidup - Minapoli, accessed April 22, 2026, <https://www.minapoli.com/info/transportasi-ikan-hidup>

31. Pengangkutan Benih Ikan Hidup dan Faktor-Faktornya | PDF - Scribd, accessed April 22, 2026, <https://id.scribd.com/document/719199541/transportasi-benih-ikan-1>
32. 70 TRANSPORTASI BENIH IKAN JELAWAT (*Leptobarbus hoeveni*) MENGGUNAKAN SISTEM KERING DENGAN KETEBALAN MEDIA AMPAS TEBU YANG BERBE - Universitas Muhammadiyah Pontianak, accessed April 22, 2026, <https://openjurnal.unmuhpnk.ac.id/JBA/article/download/2402/1498>
33. UJI KETAHANAN HIDUP IKAN KERAPU MACAN (*Epinephelus fuscoguttatus*) - Neliti, accessed April 22, 2026, <https://media.neliti.com/media/publications/223941-uji-ketahanan-hidup-ikan-kerapu-macan-ep.pdf>
34. Efektivitas Anestesi Dengan Penambah Ekstrak Daun Bandotan (*Ageratum conyzoides* L.) dalam Media Untuk Transportasi Basah Ikan Ni - Universitas Pekalongan, accessed April 22, 2026, <http://jurnal.unikal.ac.id/index.php/akuatika/article/view/6937/4317>
35. Pemanfaatan Ekstrak Daun bndotan (*Ageratum conyzoides* L.) sebagai Anestesi dalam Transportasi Ikan Mas - Jurnal Sains Akuakultur Tropis - Universitas Diponegoro, accessed April 22, 2026, <https://ejournal2.undip.ac.id/index.php/sat/article/download/12932/pdf>
36. Jurnal Perikanan Terpadu - Universitas Teuku Umar, accessed April 22, 2026, <https://jurnal.utu.ac.id/jpterpadu/article/download/10431/5262>
37. Sistem Budidaya Ikan Lele (*Clarias* sp.) dalam Kolam Terpal dengan Teknologi Nano Bubble - Journal UNRAM, accessed April 22, 2026, <https://journal.unram.ac.id/index.php/jfn/article/download/7534/3952>

- 38.(PDF) Pengaruh Penggunaan Nanobubble dalam Transportasi Udang Vaname (*Litopenaeus vannamei*) - ResearchGate, accessed April 22, 2026, https://www.researchgate.net/publication/361583532_Pengaruh_Penggunaan_Nanobubble_dalam_Transportasi_Udang_Vaname_Litopenaeus_vannamei
- 39.Pemanfaatan Teknologi Nanobubble untuk Produksi *Anguilla* sp pada Era Society 5.0, accessed April 22, 2026, <https://conference.unsri.ac.id/index.php/lahansuboptimal/article/viewFile/2178/1374>
- 40.OPTIMASI METODE SISTEM PENDINGIN HYBRID (TEC/PCM) PADA COLD BOX IKAN UNTUK MENGURANGI KONSUMSI ENERGI DAN MEMPERTAHANKAN KESEGERAN PRODUK PERIKANAN | Jurnal UDA, accessed April 22, 2026, <https://jurnal.universitasdarmaagung.ac.id/jurnaluda/article/view/5835>

BAB 10
STRATEGI TATA KELOLA , PERENCANAAN
BISNIS, DAN ANALISA USAHA PERBENIHAN
IKAN



Gambar. 10.1. Infografis Strategi Tata Kelola , Perencanaan Bisnis, dan Analisa Usaha Perbenihan Ikan

Sektor perikanan budidaya di Indonesia telah bertransformasi menjadi salah satu pilar fundamental ekonomi nasional, terutama dalam menyongsong visi kedaulatan pangan akuatik tahun 2025-2029. Berdasarkan data statistik terkini, volume produksi perikanan budidaya mencatatkan angka yang impresif pada tahun 2024, di mana komoditas Nila mencapai 1.563.327 ton dan Lele sebesar 1.157.755 ton. Keberhasilan angka produksi pembesaran ini secara linier sangat bergantung pada ketersediaan benih yang berkualitas, tepat waktu, dan berkelanjutan secara kuantitas. Industri perbenihan (hatchery) memegang peranan vital sebagai pemasok input primer yang menentukan keberhasilan seluruh rantai nilai akuakultur.

Kontribusi sektor perikanan terhadap Produk Domestik Bruto (PDB) terus menunjukkan tren yang stabil, dengan nilai PDB ADHB pada triwulan IV 2025 diproyeksikan mencapai Rp174.606,4 miliar. Pertumbuhan ini didorong oleh industrialisasi perikanan budidaya

yang semakin terstruktur, di mana unit perbenihan tidak lagi dikelola secara tradisional melainkan mulai mengadopsi standar manajemen profesional. Upaya pemerintah untuk meningkatkan kesejahteraan pembudidaya tecermin dalam target Nilai Tukar Pembudidaya Ikan (NTPi) yang dipatok sebesar 105 pada tahun 2024, didorong oleh peningkatan produktivitas dari tingkat benih.

Secara makro, industri perbenihan menghadapi dinamika yang kompleks, mulai dari fluktuasi permintaan pasar domestik hingga standar ketat pasar ekspor. Volume ekspor perikanan nasional yang mencapai 1.003.349,76 ton mengindikasikan perlunya jaminan mutu sejak fase larva. Dalam konteks ini, manajemen strategis menjadi instrumen esensial bagi para pelaku usaha perbenihan untuk mengelola sumber daya, memitigasi risiko biologis, dan mempertahankan daya saing di tengah persaingan global yang semakin ketat.

Komoditas Utama	Produksi 2024 (Ton)	Target Pertumbuhan
Ikan Nila	1.563.327	Stabil-Meningkat
Ikan Lele	1.157.755	Stabil-Meningkat
Ikan Bandeng	792.864	Stabil
Udang Vaname	786.382	Akseleratif
Rumput Laut	9.853.604	Industrialisasi

Sumber: Diolah

A. Analisis Strategi Manajemen melalui Model Lima Kekuatan Porter

Dalam merumuskan arah kebijakan bisnis, unit perbenihan ikan harus memahami struktur industri tempat mereka beroperasi. Model Lima Kekuatan Porter (Porter's Five Forces) menyediakan kerangka kerja yang komprehensif untuk mengevaluasi intensitas persaingan dan daya tarik profitabilitas industri perbenihan ikan di Indonesia.

1. Persaingan di Antara Pesaing yang Ada

Persaingan dalam industri perbenihan ikan air tawar, khususnya untuk spesies populer seperti Lele dan Nila, tergolong sangat tinggi karena banyaknya jumlah Unit Perbenihan Rakyat (UPR) yang tersebar di berbagai daerah.⁵ Tingginya kepadatan produsen menyebabkan persaingan harga (price war) yang sering kali tidak sehat, di mana kualitas sering dikorbankan demi harga yang lebih murah di tingkat pembudidaya kecil.⁷ Persaingan ini semakin intensif dengan munculnya balai-balai benih milik pemerintah yang juga mendistribusikan benih unggul, meskipun tujuan utamanya adalah pelayanan publik dan bukan profit murni.

2. Ancaman Pendatang Baru

Ancaman pendatang baru dalam sektor perbenihan bervariasi tergantung pada skala usahanya. Untuk skala mikro-UPR, hambatan masuk (entry barrier) relatif rendah karena modal yang dibutuhkan tidak terlalu besar dan teknologi dasar pemijahan mudah dipelajari dari penyuluh atau secara otodidak. Namun, untuk perbenihan skala industri yang menargetkan sertifikasi Cara Perbenihan Ikan yang Baik (CPIB), hambatan masuk menjadi sangat tinggi. Persyaratan lokasi yang tersertifikasi, akses terhadap induk (broodstock) F1 yang unggul, serta kepatuhan terhadap biosekuriti yang ketat menuntut modal yang signifikan dan keahlian teknis yang mendalam.

3. Kekuatan Tawar-Menawar Pemasok

Pemasok dalam industri perbenihan meliputi penyedia pakan induk (feed millers), produsen hormon pemijahan, serta penyedia teknologi air (pompa, aerator, sistem filtrasi).³ Kekuatan tawar-menawar pemasok pakan sangat besar karena biaya pakan dapat mencakup 60% hingga 70% dari total biaya operasional.¹⁴ Ketergantungan pada bahan baku pakan impor menyebabkan harga benih sangat sensitif terhadap fluktuasi nilai tukar dan kebijakan perdagangan internasional. Di sisi lain, ketergantungan pada balai induk nasional untuk pembaruan genetik induk juga memberikan kekuatan tawar bagi lembaga pemerintah terhadap unit perbenihan swasta.

4. Kekuatan Tawar-Menawar Pembeli

Pembeli benih ikan umumnya adalah pembudidaya pembesaran yang sangat sensitif terhadap harga dan tingkat kelangsungan hidup (survival rate) benih.³ Di daerah sentra produksi, pembeli memiliki kekuatan tawar yang besar karena banyaknya pilihan pemasok benih. Hal ini memaksa pembenih untuk memberikan jaminan kualitas tambahan, seperti garansi kematian selama transportasi atau pendampingan teknis pendederan. Namun, pada segmen benih ikan lokal yang langka atau benih spesifik patogen (SPF), kekuatan tawar justru beralih ke sisi produsen benih.

5. Ancaman Produk Substitusi

Ancaman substitusi dalam industri perbenihan muncul bukan dari jenis produk yang berbeda, melainkan dari pilihan jenis ikan lain atau perubahan preferensi konsumen terhadap protein hewani lainnya. Misalnya, jika harga pakan Lele naik tajam, pembudidaya mungkin beralih ke budidaya Nila atau Patin yang dianggap lebih efisien dalam konversi pakan atau lebih tahan terhadap kondisi air tertentu. Selain itu, kemajuan teknologi pembekuan hasil tangkapan laut yang semakin murah juga dapat menjadi substitusi bagi permintaan ikan air tawar di tingkat konsumen akhir, yang pada gilirannya menekan permintaan benih.

B. Strategi Kompetitif Generik dan Keunggulan Bersaing

Untuk mencapai keunggulan kompetitif yang berkelanjutan, unit perbenihan ikan perlu mengadopsi strategi generik yang tepat: kepemimpinan biaya, diferensiasi, atau fokus.

1. Kepemimpinan Biaya (Cost Leadership)

Strategi ini berfokus pada upaya menjadi produsen dengan biaya terendah dalam industri. Unit perbenihan yang menerapkan strategi ini biasanya beroperasi dalam skala besar (economies of scale) untuk menekan biaya per unit benih. Efisiensi dicapai melalui mekanisasi, otomatisasi pemberian pakan, penggunaan pakan mandiri yang diformulasikan secara presisi, serta optimalisasi penggunaan lahan dan air melalui sistem Recirculating Aquaculture System (RAS). Dengan biaya rendah, perusahaan memiliki fleksibilitas harga untuk memenangkan persaingan di pasar massal.

2. Diferensiasi (Differentiation)

Strategi diferensiasi dilakukan dengan menciptakan persepsi keunikan pada benih yang dihasilkan. Hal ini dapat berupa benih yang memiliki laju pertumbuhan lebih cepat (fast growing), ketahanan terhadap serangan virus tertentu (seperti TiLV pada Nila), atau benih yang telah teraklimatisasi pada kondisi air rawa gambut yang asam. Memiliki sertifikat CPIB tingkat "Sangat Baik" adalah bentuk diferensiasi yang kuat karena memberikan jaminan keamanan pangan dan kualitas yang tidak dimiliki oleh unit perbenihan tradisional.

3. Strategi Fokus (Focus)

Strategi fokus mengarahkan unit perbenihan untuk melayani segmen pasar yang sempit namun spesifik, baik secara geografis maupun jenis komoditas. Sebagai contoh, unit perbenihan yang berfokus hanya pada ikan Papuyu (*Anabas testudineus*) di Kalimantan Selatan.⁹ Karena ikan ini sangat diminati oleh masyarakat lokal namun suplai benihnya terbatas, pembenih dapat mengenakan harga premium dibandingkan benih ikan konsumsi umum lainnya. Fokus juga dapat diarahkan pada penyediaan benih ikan hias yang memiliki pasar ceruk (niche market) dengan nilai per ekor yang sangat

tinggi.

C. Perencanaan Bisnis melalui Pendekatan Business Model Canvas (BMC)

Business Model Canvas (BMC) merupakan instrumen perencanaan strategis yang memetakan elemen-elemen bisnis secara visual untuk memastikan keselarasan antara nilai yang ditawarkan dengan kebutuhan pasar.

1. Proposisi Nilai (Value Proposition)

Dalam usaha perbenihan, proposisi nilai bukan sekadar menjual "ikan kecil", melainkan menjual "kepastian hasil". Benih berkualitas dengan tingkat keseragaman ukuran minimal 80%, bebas paten, dan didukung oleh sertifikasi CPIB adalah nilai utama yang dicari pembudidaya. Layanan tambahan seperti konsultasi manajemen kualitas air dan jaminan ketersediaan stok sepanjang tahun menjadi faktor pembeda yang signifikan.

2. Segmen Pelanggan (Customer Segments)

Perbenihan dapat menyasar beberapa segmen sekaligus: pembudidaya pembesaran mandiri, kelompok pembudidaya ikan (Pokdakan), balai benih pemerintah untuk program *restocking*, serta eksportir ikan hidup untuk komoditas tertentu. Memahami karakteristik tiap segmen, seperti sensitivitas harga pembudidaya tradisional versus tuntutan kualitas eksportir, sangat penting dalam penentuan strategi harga.

3. Saluran dan Hubungan Pelanggan (Channels & Customer Relationships)

Saluran pemasaran berkembang dari pola tradisional (mulut ke mulut) menuju platform digital. Penggunaan media sosial dan marketplace perikanan memungkinkan produsen menjangkau konsumen di luar wilayah geografis mereka. Hubungan pelanggan dibangun melalui komunikasi intensif via aplikasi pesan instan, di mana pembenih memberikan edukasi teknis pendederan, yang secara tidak langsung menjaga kelangsungan hidup benih di tangan konsumen dan membangun loyalitas merek.

4. **Struktur Biaya dan Arus Pendapatan (Cost Structure & Revenue Streams)**

Struktur biaya perbenihan didominasi oleh pakan induk dan larva, tenaga kerja ahli, energi (listrik/bahan bakar), serta biaya pemeliharaan fasilitas biosekuriti. Arus pendapatan tidak hanya berasal dari penjualan benih (larva, benih ukuran 1-3 cm, 3-5 cm, hingga 5-7 cm), tetapi juga dapat dikembangkan dari penjualan induk afkir, jasa pelatihan perbenihan, hingga penjualan perlengkapan pendederan sebagai unit bisnis tambahan.

Elemen BMC	Implementasi pada Unit Perbenihan Ikan
Key Partners	Balai Benih Induk (BBI), pabrik pakan, penyuluh perikanan, lembaga keuangan.
Key Activities	Seleksi induk, pemijahan (alami/buatan), manajemen larva, grading, pengemasan.
Key Resources	Lahan/kolam, sumber air bersih, induk unggul F1, sertifikat CPIB, teknisi ahli.
Value Propositions	Benih SR tinggi, bebas residu antibiotik, pertumbuhan cepat, bantuan teknis.
Customer Relationships	Pendampingan teknis pasca-jual, komunitas pembudidaya, garansi SR saat kirim.
Channels	Penjualan langsung, media sosial (FB/IG), platform e-fishery, agen pendeder.
Customer Segments	Pembudidaya pembesaran, Pokdakan, Dinas Perikanan (untuk restocking).

Cost Structure	Pakan (60-70%), upah tenaga kerja, listrik/pompa, obat-obatan, biaya sertifikasi.
Revenue Streams	Penjualan larva, penjualan benih berbagai ukuran, penjualan induk afkir.

Sumber: Data Diolah

5. Analisis SWOT: Formulasi Strategi Berbasis Kekuatan dan Peluang

Analisis SWOT (Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats) memungkinkan unit perbenihan untuk mengidentifikasi faktor internal yang dapat dikendalikan dan tantangan eksternal yang harus diantisipasi.

Analisis Faktor Internal (IFAS)

Kekuatan utama (strengths) sering kali terletak pada lokasi yang strategis dengan akses air berkualitas tinggi, kepemilikan induk yang produktif, serta tenaga kerja yang memiliki keterampilan teknis mumpuni dalam proses penetasan. Sebaliknya, kelemahan (weaknesses) yang umum ditemui adalah keterbatasan modal untuk investasi teknologi modern, sistem pencatatan administrasi (recording) yang masih manual, serta ketergantungan pada satu jenis komoditas saja.

Analisis Faktor Eksternal (EFAS)

Peluang (opportunities) besar muncul dari tren pergeseran konsumsi protein masyarakat dari daging merah ke daging putih (ikan) serta dukungan pemerintah melalui program pembangunan Kampung Perikanan Budidaya. Selain itu, perkembangan teknologi budidaya digital membuka peluang pasar yang lebih luas. Ancaman (threats) nyata meliputi perubahan iklim yang ekstrem, munculnya penyakit baru yang belum ada vaksinnnya, serta persaingan harga dari impor benih ilegal atau produsen besar yang melakukan integrasi vertikal.

Matriks SWOT dan Penentuan Posisi Strategis

Berdasarkan pembobotan IFAS dan EFAS, posisi unit perbenihan dapat dipetakan ke dalam empat kuadran:

- a. **Kuadran I (Agresif/Ekspansi):** Perusahaan berada pada posisi kuat dan memiliki peluang besar. Strategi yang direkomendasikan adalah melakukan ekspansi kapasitas produksi dan penetrasi pasar baru.
- b. **Kuadran II (Diversifikasi):** Perusahaan kuat namun menghadapi ancaman besar. Strategi fokus pada diversifikasi produk atau penggunaan teknologi untuk mitigasi risiko lingkungan.
- c. **Kuadran III (Ubah Strategi):** Perusahaan memiliki peluang namun secara internal lemah. Fokus pada perbaikan manajemen internal dan penguatan sumber daya manusia.
- d. **Kuadran IV (Bertahan):** Perusahaan lemah dan menghadapi tantangan besar. Strategi yang tepat adalah melakukan efisiensi biaya yang ketat atau melakukan aliansi strategis untuk bertahan.

D. Manajemen Operasional: Standar CPIB dan Prosedur Kerja Teknis

Keberhasilan usaha perbenihan tidak dapat dilepaskan dari kepatuhan terhadap aspek teknis yang tertuang dalam Cara Perbenihan Ikan yang Baik (CPIB). CPIB bertujuan untuk memastikan bahwa benih yang dihasilkan aman bagi kesehatan manusia, bermutu tinggi, dan ramah lingkungan.

1. Persyaratan Fasilitas dan Biosekuriti

Unit perbenihan harus memiliki tata letak (layout) yang memisahkan area bersih dan area kotor. Bak penampungan induk, bak pemijahan, dan wadah penetasan harus mudah dibersihkan dan didesinfeksi.¹² Manajemen air sangat krusial; air yang masuk harus melalui proses pengendapan minimal 24 jam dan penyaringan untuk mencegah masuknya patogen dari saluran irigasi atau sungai. Biosekuriti diterapkan dengan mewajibkan pencucian tangan dan alas kaki (foot dip) bagi setiap orang yang memasuki area produksi untuk

meminimalkan risiko kontaminasi silang.

2. Manajemen Induk dan Pemijahan

Proses dimulai dengan seleksi induk yang matang gonad. Pada Nila, seleksi dilakukan dengan melihat ciri fisik: betina memiliki perut membesar dan urogenital merah, sementara jantan memiliki bentuk tubuh ramping dengan warna sirip yang lebih tajam. Perbandingan pemijahan Nila umumnya 1 jantan berbanding 3 betina dalam sistem hapa atau kolam. Untuk Lele, pemijahan dapat dilakukan secara buatan (induced spawning) dengan penyuntikan hormon ovulasi (seperti GnRH dan anti-dopamin) dosis 0,2 ml/kg induk betina, diikuti oleh proses pengeluaran telur dan sperma secara manual (stripping) atau membiarkan induk memijah secara alami di bak terkontrol.

3. Penetasan Telur dan Pemeliharaan Larva

Telur yang telah dibuahi harus segera dipindahkan ke wadah penetasan yang memiliki aerasi stabil untuk menjaga kadar oksigen terlarut di atas 5 mg/L. Setelah menetas, larva tidak perlu diberi pakan selama 2-3 hari karena masih memiliki cadangan kuning telur (yolk sac). Pakan awal yang diberikan haruslah pakan alami yang memiliki ukuran sesuai bukaan mulut larva, seperti *Artemia* atau cacing sutra (*Tubifex*), sebelum secara bertahap diperkenalkan pada pakan buatan.

4. Manajemen Kualitas Air dan Kesehatan

Monitoring harian terhadap suhu dan oksigen terlarut sangat penting karena fluktuasi yang drastis dapat menyebabkan stres pada larva yang berujung pada kematian massal. Parameter pH harus dijaga pada kisaran 6,5 - 8,5 untuk pertumbuhan optimal. Jika ditemukan gejala penyakit, seperti bintik putih atau luka pada tubuh ikan, pengobatan harus dilakukan menggunakan bahan yang diizinkan oleh otoritas kompeten, misalnya penggunaan garam dapur dengan dosis 1 gram per liter air untuk pengobatan infeksi jamur atau stres.

Tahapan Operasional	Aktivitas Kunci	Parameter Keberhasilan
Persiapan Kolam	Pengeringan, pengapuran (200g/m ²), pemupukan.	Tumbuhnya pakan alami (plankton).
Seleksi Induk	Cek kematangan gonad, berat, dan kesehatan.	Induk matang gonad >80%.
Pemijahan	Pengaturan rasio jantan:betina, penyuntikan hormon.	Fertilitas telur yang tinggi.
Penetasan	Pengaturan aerasi, siphoning telur gagal.	Hatching Rate (HR) >80%.
Pendederan	Pemberian pakan alami (Artemia/Tubifex).	Survival Rate (SR) >90% pada fase larva.
Grading	Pemisahan ukuran benih (1-3, 3-5, 5-7 cm).	Keseragaman ukuran >80%.

Sumber: Data Diolah

E. Analisa Finansial dan Kelayakan Investasi

Analisis keuangan merupakan determinan akhir untuk menentukan apakah rencana bisnis perbenihan layak dijalankan secara ekonomi dalam jangka panjang.

1. Analisis Arus Kas dan Parameter Investasi

Penilaian kelayakan finansial menggunakan beberapa indikator utama:

- a. **Net Present Value (NPV):** Menghitung nilai sekarang dari arus kas bersih di masa depan dikurangi nilai investasi awal. Proyek dinyatakan layak jika $NPV > 0$. Berdasarkan studi pada perbenihan Nila di Jawa Barat, diperoleh NPV sebesar Rp11.751.080,58 untuk skala 1000 m². Pada perbenihan Patin di Jombang, NPV tercatat mencapai Rp554.206.835.
- b. **Internal Rate of Return (IRR):** Menunjukkan tingkat efisiensi dari suatu investasi. Jika IRR lebih besar dari tingkat bunga bank (discount rate), maka usaha tersebut menguntungkan. Nilai IRR pada perbenihan Nila dilaporkan sebesar 67%, jauh melampaui suku bunga acuan 6%.
- c. **Payback Period (PP):** Mengukur seberapa cepat investasi awal dapat kembali. Usaha perbenihan umumnya memiliki PP yang singkat, berkisar antara 0,71 tahun hingga 1,73 tahun, tergantung pada jenis komoditas dan skala operasional.

Analisis Titik Impas (Break Even Point)

BEP unit dan BEP harga sangat penting untuk menentukan batas aman operasional. Sebagai contoh, pada unit perbenihan Papuyu, BEP produksi berada pada angka 64.139 ekor dengan BEP harga Rp120,26 per ekor.⁹ Artinya, jika harga pasar berada di atas angka tersebut, setiap ekor benih yang terjual akan memberikan kontribusi keuntungan bagi perusahaan. Rasio pendapatan terhadap biaya (R/C Ratio) juga menjadi indikator efisiensi; nilai R/C pada perbenihan Patin mencapai 2,6, yang berarti setiap pengeluaran Rp1,00 menghasilkan pendapatan sebesar Rp2,60.

2. Analisis Sensitivitas

Bisnis perbenihan sangat rentan terhadap perubahan variabel ekonomi. Analisis sensitivitas menunjukkan bahwa meskipun terjadi kenaikan biaya produksi sebesar 2% atau penurunan penerimaan sebesar 25%, usaha perbenihan Nila tetap dinyatakan layak meskipun nilai NPV-nya menurun.¹⁴

Namun, pada simulasi ekstrem di mana biaya naik signifikan dan keuntungan turun tajam, usaha perbenihan ikan bisa menjadi sangat sensitif, menuntut manajemen biaya yang lebih ketat agar tidak terperosok ke dalam kerugian.

3. Manajemen Risiko: Mitigasi Penyakit dan Adaptasi Iklim

Risiko dalam perbenihan ikan adalah kombinasi dari ketidakpastian biologis, kegagalan teknis, dan volatilitas pasar.

Pengendalian Penyakit Ikan (Health Management)

Serangan penyakit seperti *Motile Aeromonas Septicemia* (MAS) dan virus *Tilapia Lake Virus* (TiLV) dapat menyebabkan kerugian finansial yang masif melalui kematian massal larva. Strategi mitigasi utama adalah pencegahan melalui penggunaan benih induk yang bersertifikat bebas paten (Specific Pathogen Free/SPF) serta pelaksanaan sanitasi wadah secara rutin menggunakan bahan desinfektan yang aman. Penerapan probiotik dalam media air juga terbukti mampu menekan pertumbuhan bakteri patogen dan meningkatkan daya tahan tubuh benih terhadap stres lingkungan.

Adaptasi terhadap Perubahan Iklim

Perubahan suhu air yang ekstrem akibat pemanasan global dapat mengganggu proses pemijahan dan penetasan telur. Mitigasi dilakukan dengan membangun peneduh (shading net) di atas kolam outdoor atau melakukan proses perbenihan di dalam ruangan (indoor hatchery) yang suhunya dapat dikontrol. Pada musim kemarau, risiko penurunan kualitas air akibat penguapan tinggi harus diantisipasi dengan sistem resirkulasi yang efisien atau penyediaan tandon air cadangan yang memadai.

Manajemen Risiko Pasar

Fluktuasi harga jual benih akibat banjir stok di pasaran sering kali merugikan pembenih kecil. Strategi adaptasi yang disarankan adalah diversifikasi pasar, di mana pembenih tidak hanya bergantung pada pembudidaya lokal tetapi juga menjalin kerja sama dengan korporasi pembesaran atau dinas pemerintah. Penggunaan sistem Resi Gudang untuk pakan dan asuransi perikanan juga mulai didorong sebagai jaring

pengaman bagi para pelaku usaha.

F. Strategi Pemasaran di Era Ekonomi Digital

Pemasaran benih ikan kini menuntut integrasi antara bauran pemasaran tradisional 4P dengan strategi pemasaran digital yang adaptif.

Optimasi Bauran Pemasaran (Marketing Mix)

1. **Product:** Fokus pada jaminan kualitas (SR tinggi, pertumbuhan cepat) dan diferensiasi melalui sertifikasi CPIB.
2. **Price:** Menerapkan harga yang kompetitif namun tetap mencerminkan kualitas. Strategi bundling (misal: beli 10.000 ekor gratis 500 ekor) efektif untuk menarik pelanggan baru.
3. **Place:** Memilih lokasi distribusi yang dekat dengan sentra pembesaran atau membangun jaringan agen pendeder untuk memperluas jangkauan geografis.
4. **Promotion:** Memanfaatkan media sosial (Facebook, Instagram, TikTok) untuk menunjukkan testimoni kepuasan pelanggan dan video proses produksi yang transparan guna membangun kepercayaan.

G. Transformasi Digital dan E-Commerce

Pemanfaatan alat analitik digital membantu pembudidaya memahami perilaku konsumen online dan tren pasar secara real-time. Platform digital juga mempermudah proses pemesanan dan pembayaran non-tunai yang lebih transparan dan akuntabel. Penggunaan aplikasi manajemen budidaya juga memungkinkan pelacakan (traceability) riwayat benih, yang menjadi syarat penting bagi pasar modern dan ekspor.

H. Kemitraan Strategis dan Jaringan Distribusi

Membangun kemitraan dengan penyedia input (pakan/obat) dapat memberikan akses pada harga bahan baku yang lebih murah melalui pembelian kolektif. Di sisi hilir, kemitraan dengan restoran atau pabrik pengolahan ikan (filet) dapat menciptakan kepastian serapan hasil panen bagi pembudidaya pembesaran yang merupakan pelanggan utama

pembenih, sehingga secara tidak langsung menjaga keberlangsungan permintaan benih.

I. Industrialisasi dan Hilirisasi Produk

Hilirisasi rumput laut dan ikan konsumsi menjadi prioritas nasional untuk meningkatkan nilai tambah produk dalam negeri.² Bagi sektor perbenihan, hal ini berarti transisi menuju sistem produksi yang tersertifikasi secara global untuk mendukung ekspor produk olahan. Peningkatan investasi pada fasilitas *broodstock center* nasional bertujuan untuk menyediakan induk unggul secara mandiri, sehingga ketergantungan pada induk impor dapat dikurangi secara bertahap.²

J. Digitalisasi dan Modernisasi Rantai Pasok

Pemerintah menargetkan penyelesaian proses bisnis digital dan inovasi pelayanan publik hingga 85% pada tahun 2029. Modernisasi data pangan akuatik akan mempermudah sinkronisasi antara jumlah benih yang diproduksi dengan kebutuhan lahan pembesaran secara nasional, mencegah terjadinya oversupply atau kekurangan stok yang dapat mengganggu stabilitas harga.

K. Penguatan Sumber Daya Manusia dan Kelembagaan

Penyelenggaraan pendidikan vokasi dan sertifikasi kompetensi bagi teknisi perbenihan menjadi pilar penting untuk mendukung industrialisasi. Mendorong pembentukan korporasi pembudidaya yang mengonsolidasikan UPR-UPR kecil ke dalam satu manajemen profesional diharapkan dapat meningkatkan efisiensi biaya produksi hingga 20% dan mempermudah akses pembiayaan melalui kredit usaha rakyat (KUR) maupun skema syariah.

L. Sintesis dan Rekomendasi Strategis

Berdasarkan pembahasan mendalam mengenai strategi manajemen, perencanaan bisnis, dan analisis usaha perbenihan ikan, dapat dirumuskan kesimpulan dan rekomendasi aksi bagi

para pelaku industri.

Sektor perbenihan ikan merupakan bisnis yang sangat prospektif dengan indikator keuangan yang solid (IRR tinggi, PP singkat), namun sangat bergantung pada kemahiran manajemen teknis dan kepatuhan terhadap standar mutu seperti CPIB. Keunggulan kompetitif jangka panjang tidak dapat hanya bersandar pada strategi harga murah, melainkan harus bergeser ke arah diferensiasi kualitas benih dan pemanfaatan saluran pemasaran digital untuk membangun merek yang kuat di mata pembudidaya.

Rekomendasi bagi pelaku usaha meliputi:

1. **Akselerasi Sertifikasi:** Segera mengupayakan sertifikasi CPIB sebagai tiket masuk ke pasar yang lebih premium dan syarat wajib dalam rantai pasok ekspor.
2. **Integrasi Teknologi:** Mengadopsi teknologi monitoring kualitas air digital (IoT) untuk meminimalkan kegagalan teknis akibat perubahan lingkungan mendadak.
3. **Konsolidasi Unit:** Bergabung dalam kelompok atau korporasi pembudidaya untuk meningkatkan posisi tawar dalam pengadaan pakan dan akses permodalan dari lembaga keuangan formal.
4. **Fokus Komoditas Lokal:** Mengembangkan perbenihan ikan lokal yang memiliki permintaan ceruk tinggi namun suplai rendah, seperti Papuyu atau ikan lokal spesifik daerah lainnya, untuk menghindari persaingan berdarah-darah di pasar ikan konsumsi massal.
5. **Manajemen Pengetahuan:** Terus memperbarui pengetahuan mengenai penyakit ikan terbaru dan metode mitigasinya melalui kolaborasi dengan balai riset dan universitas.

Pemerintah juga perlu terus memperkuat peran pendampingan melalui penyuluh perikanan dan penyederhanaan akses terhadap induk unggul F1, serta memperketat pengawasan terhadap peredaran benih yang tidak berstandar untuk melindungi pembudidaya pembesaran dan menjaga keberlanjutan industri perikanan nasional secara keseluruhan. Transformasi industri

perbenihan ikan menuju tata kelola yang profesional, modern, dan berkelanjutan adalah prasyarat mutlak bagi Indonesia untuk menjadi pemimpin akuakultur dunia di era ekonomi biru 2045.

Daftar Acuan

1. Data Statistik | KKP RI, accessed April 22, 2026, <https://portaldata.kkp.go.id/portals/data-statistik/layer1>
2. DIREKTORAT JENDERAL PERIKANAN BUDI DAYA ..., accessed April 22, 2026, https://ppid.kkp.go.id/media/uploads/document_information_public/02._DRAFT_RENSTRAPB_2025-2029.pdf
3. Porter's Five Forces : Lima Hal Sebelum Bersaing - BINUS UNIVERSITY, accessed April 22, 2026, <https://binus.ac.id/malang/2020/08/porters-five-forces-lima-hal-sebelum-bersaing/>
4. (PDF) Strategi Bisnis Untuk Keunggulan Kompetitif: Memanfaatkan Inovasi, Transformasi Digital, Dan Keberlanjutan Di Era Modern - ResearchGate, accessed April 22, 2026, https://www.researchgate.net/publication/381741678_Strategi_Bisnis_Untuk_Keunggulan_Kompetitif_Memanfaatkan_Inovasi_Transformasi_Digital_Dan_Keberlanjutan_Di_Era_Modern
5. STRATEGI PENGEMBANGAN USAHA TANI PERBENIHAN IKAN LELE DENGAN ANALISIS SWOT DI UPR BERKAH LELE KECAMATAN NGORO KABUPATEN JOMBANG | Sigmagri - ojs unwaha, accessed April 22, 2026, <https://ojs.unwaha.ac.id/index.php/sigmagri/article/view/1245>
6. Analisis SWOT dan Lima Kekuatan Porter | PDF - Scribd, accessed April 22, 2026, <https://id.scribd.com/document/502950057/ANALISIS-SWOT>
7. ANALISIS SWOT : MODEL STRATEGI PENGEMBANGAN USAHA BUDIDAYA IKAN NILA - Jurnal Kompetitif Bisnis, accessed April 22, 2026, <https://jkb.fisip.unila.ac.id/index.php/jkb/article/download/361/163>
8. Strategi Pemasaran Benih Ikan Dari Kantor Balai Benih Ikan Air Tawar Desa Genteng Kecamatan Genteng - Gudang Jurnal, accessed April 22, 2026, <https://gudangjurnal.com/index.php/gjmi/article/download/1220/1132>

9. Kinerja dan Prospek Usaha Perbenihan Ikan Papuyu (Anabas ..., accessed April 22, 2026, <https://ejournal-balitbang.kkp.go.id/index.php/sosek/article/viewFile/7674/6847>
10. PENERAPAN ANALISIS SWOT DALAM MENENTUKAN STRATEGI PEMASARAN BENIH IKAN LELE DI MUKTI AGUNG WIBAWA JAYATI DOROK - unp kediri, accessed April 22, 2026, <https://proceeding.unpkediri.ac.id/index.php/senmea/article/download/5398/4096/21124>
11. DIREKTORAT JENDERAL PERIKANAN BUDI DAYA - Cara ..., accessed April 22, 2026, https://cpib.pasolusi.com/web/assets/file/standar_pelayanan_publik_lingkup_direktorat_perbenihan.pdf
12. Pembinaan Teknis untuk Persiapan Sertifikasi CPIB (Cara Perbenihan Ikan yang Baik) - DINAS PERIKANAN DAN KETAHANAN PANGAN KOTA DENPASAR, accessed April 22, 2026, <https://www.perikanan.denpasarkota.go.id/berita/pembinaan-teknis-untuk-persiapan-sertifikasi-cpib-cara-perbenihan-ikan-yang-baik>
13. Analisis Lima Kekuatan Porter pada Marketplace Pakan Ternak dan Produk Hasil Ternak (Studi Kasus: ePakan), accessed April 22, 2026, http://repository.lppm.unila.ac.id/15626/1/Analisis%20Kekuatan%20Porter%20SNSMIAP_2019.pdf
14. Analisis Finansial Usahatani Perbenihan Ikan Nila (Oreochromis ..., accessed April 22, 2026, <https://jurnal.peneliti.net/index.php/JIWP/article/download/872/642>
15. (PDF) Fish Farming Business Management Strategy Using the Business Model Canvas Method: An Islamic Economics Perspective Fish Farming Business Management Strategy Using the Business Model Canvas Method: An Islamic Economics Perspective - ResearchGate, accessed April 22, 2026, https://www.researchgate.net/publication/395372319_Fish_Far

ming_Business_Management_Strategy_Using_the_Business_Mod
el_Canvas_Method_An_Islamic_Economics_PerspectiveFish_Far
ming_Business_Management_Strategy_Using_the_Business_Mod
el_Canvas_Method_An_Isl

16. DAFTAR PUSTAKA - Repository | Universitas Hasanuddin, accessed April 22, 2026, https://repository.unhas.ac.id/34850/3/A021201050_skripsi14-05-2024%20dp.pdf
17. Strategi Pemasaran Produk Perikanan - Akuakultur, accessed April 22, 2026, <https://akuakultur.ump.ac.id/?p=1729>
18. analisis strategi bauran pemasaran pada usaha budidaya ikan air tawar cv alam jaya priyangan - Jurnal Untan, accessed April 22, 2026, <https://jurnal.untan.ac.id/index.php/jpdpb/article/download/85386/75676604533>
19. analisis kelayakan finansial usaha perbenihan ikan patin pada fish seed warehouse, kecamatan - JFMR-Journal of Fisheries and Marine Research, accessed April 22, 2026, <https://jfmr.ub.ac.id/index.php/jfmr/article/download/924/416>
20. Strategi Keunggulan Kompetitif Porter | PDF - Scribd, accessed April 22, 2026, <https://id.scribd.com/document/856550849/Tugas-1>
21. 'The Competitive Advantage of Nations' dari Michael Porter | by Felisiahandayani | Medium, accessed April 22, 2026, <https://medium.com/@felisiahandayani/the-competitive-advantage-of-nations-dari-michael-porter-7136eecebe17a>
22. Mata Pelajaran Dasar-Dasar Agribisnis Perikanan - Sistem Informasi Kurikulum Nasional, accessed April 22, 2026, https://kurikulum.kemendikdasmen.go.id/file/panduan/dokumen/6.3%20Final%20Panduan%20Mata%20Pelajaran%20Dasar-Dasar%20Agribisnis%20Perikanan_SMK_30_09_2025.pdf
23. Penyakit Ikan Masih Intai Budidaya Air Tawar di Indonesia? - Mongabay, accessed April 22, 2026, <https://mongabay.co.id/2018/03/07/penyakit-ikan-masih-intai-budidaya-air-tawar-di-indonesia/>

24. KEPUTUSAN KEPALA BADAN PENGENDALIAN DAN PENGAWASAN MUTU HASIL KELAUTAN DAN PERIKANAN NOMOR 59 TAHUN 20252020 HASIL KELAUTAN TENT, accessed April 22, 2026, https://ppid.kkp.go.id/media/uploads/document_regulation/59_KEP_KEPALA_BPPMHKP_Tahun_2025_Petunjuk_Teknis_Pene_rbitan_Aim2nsr.pdf
25. implementasi teori michael porter strategic dalam - Jurnal AL-MAQASID, accessed April 22, 2026, <http://jurnal.uinsyahada.ac.id/index.php/Al-masharif/article/download/1625/1377>
26. Dengan Dukungan Pemerintah, Sektor Perikanan Kalsel Memberikan Hasil Nyata. Panen Perdana Papuyu Capai 1,2 Ton di Karang Intan! - Mu4.co.id, accessed April 22, 2026, <https://mu4.co.id/dengan-dukkungan-pemerintah-sektor-perikanan-kalsel-memberikan-hasil-nyata-panen-perdana-papuyu-capai-12-ton-di-karang-intan/>
27. Rencana Strategis BPBAT Tatelu Tahun 2025-2029, accessed April 22, 2026, https://ppid.kkp.go.id/media/uploads/document_information_public/2_Rencana_Strategis_BPBAT_Tatelu_Tahun_2025-2029.pdf
28. analisis model bisnis pada knm fish farm dengan - ResearchGate, accessed April 22, 2026, https://www.researchgate.net/profile/Agus-Maulana-4/publication/317545990_ANALISIS_MODEL_BISNIS_PADA_KNM_FISH_FARM_DENGAN_PENDEKATAN_BUSINESS_MODEL_CANVAS_BMC/links/5bd033a8299bf1a43d9cb441/ANALISI-S-MODEL-BISNIS-PADA-KNM-FISH-FARM-DENGAN-PENDEKATAN-BUSINESS-MODEL-CANVAS-BMC.pdf
29. Pedoman CPIB untuk Perbenihan Ikan | PDF - Scribd, accessed April 22, 2026, <https://id.scribd.com/document/821467105/29-CPIB>
30. SOP Pembesaran Ikan Lele 2020 | PDF | Kesehatan Holistik | Teknologi & Rekayasa, accessed April 22, 2026, <https://id.scribd.com/document/584172584/SPO-Budidaya->

Ikan-Lele-final

31. Strategi Pemasaran Digital Budidaya Ikan - Asosiasi Riset Ilmu Manajemen dan Bisnis Indonesia, accessed April 22, 2026, <https://journal.arimbi.or.id/index.php/Lokawati/article/download/498/484/1725>
32. Application of Business Model Canvas (BMC) in the Fish Processing Unit of CV. Brightfood Riung Gunung, Bandung City | Asian Journal of Fisheries and Aquatic Research, accessed April 22, 2026, <https://journalajfar.com/index.php/AJFAR/article/view/441>
33. PENERAPAN ANALISIS SWOT DALAM MENENTUKAN STRATEGI PEMASARAN BENIH IKAN LELE DI MUKTI AGUNG WIBAWA JAYATI DOROK SKRIPSI Diajukan - Repository Universitas Nusantara PGRI Kediri, accessed April 22, 2026, https://repository.unpkediri.ac.id/13872/3/RAMA_61201_2012010246_0711098703_0713076803_01_front_ref.pdf
34. Manajemen Risiko dalam Perikanan Budidaya | PDF - Scribd, accessed April 22, 2026, <https://id.scribd.com/document/636192181/IMPLEMENTASI-MANAJEMEN-RISIKO-DI-LINGKUNGAN-PERIKANAN>
35. PROSEDUR OPERASIONAL PERBENIHAN LELE (*Clarias spp*), accessed April 22, 2026, <https://diskan.kamparkab.go.id/public/dokumen/cpib-sop.pdf>
36. Aplikasi Metode FMEA untuk Identifikasi dan Penilaian Risiko Usaha Budidaya Ikan di UPTD Balai Benih Ikan Kota Gorontalo - Universitas Khairun, accessed April 22, 2026, <https://ejournal.unkhair.ac.id/index.php/cannarium/article/download/10895/pdf>
37. PERMOHONAN SERTIFIKASI CARA PERBENIHAN IKAN YANG BAIK - PPID Blitar, accessed April 22, 2026, <https://ppid.blitarkab.go.id/wp-content/uploads/2014/07/SOP-BBI.doc>
38. Prosedur Budidaya Ikan Nila dan Lele | PDF - Scribd, accessed April 22, 2026, <https://id.scribd.com/document/691699964/Sop-Ikan-Nila-Salin-kelompok-2-Tbp-d>

39. SOP Perbenihan Ikan Lele | PDF - Scribd, accessed April 22, 2026, <https://id.scribd.com/document/751078012/SOP-PERBENIHAN-LELE>
40. Manajemen Kualitas Air Budidaya Ikan Air Tawar | DigitalOcean, accessed April 22, 2026, <https://unram.sgp1.digitaloceanspaces.com/simlitabmas/kinerja/buku/jurnal/bc77c8bc-4697-4cc8-aa99-43c125fd9f59-%5Be-book%5D%20Manajemen%20Kualitas%20Air%20Budidaya%20Ikan%20Air%20Tawar.pdf>
41. BAB II TINJAUAN PUSTAKA 2.1 Landasan Teori Bagian ini akan membahas tentang konsep atau teori yang akan menjadi dasar dari pene, accessed April 22, 2026, <http://e-journal.uajy.ac.id/24643/4/IE%20221280.pdf>
42. 1 ANALISIS RESIKO PADA USAHA PERBENIHAN IKAN NILA (*Oreochromis niloticus*) DI DESA JIMUS, KECAMATAN POLANHARJO, KABUPATEN KLATEN, - Universitas Brawijaya, accessed April 22, 2026, https://repository.ub.ac.id/135789/1/LAPORAN_SKRIPSI-ALFI_CAHAYA_RAMADHAN-125080400111037-AGROBISNIS_PERIKANAN.pdf
43. Analisis Strategi Bauran Pemasaran pada Firdaus Farm - Asosiasi Riset Ilmu Tanaman dan Hewani Indonesia, accessed April 22, 2026, <https://journal.asritani.or.id/index.php/Botani/article/download/311/400>
44. Standar Produk Pelayanan Cara Perbenihan Ikan Yang Baik (CPIB), accessed April 22, 2026, https://ppid.kkp.go.id/media/uploads/document_information_public/STANDAR_LAYANAN_-_CPIB_1.pdf
45. Potensi Sektor Perikanan di Kalimantan Selatan : Kekayaan Alam dan Potensi Ekonomi Halaman 1 - Kompasiana.com, accessed April 22, 2026, <https://www.kompasiana.com/farhands/66795e36ed64151b930c8123/potensi-sektor-perikanan-di-kalimantan-selatan-kekayaan-alam-dan-potensi-ekonomi>

46. PERIKANAN BUDIDAYA UNTUK PULIHKAN EKOSISTEM GAMBUT SERTA REVITALISASI EKONOMI MASYARAKAT, accessed April 22, 2026, <https://pkgppkl.menlhk.go.id/v0/wp-content/uploads/2023/03/PERIKANAN-BUDIDAYA-UNTUK-PULIHKAN-EKOSISTEM-GAMBUT.pdf>
47. Dengan Persetujuan - Badan Pembinaan Hukum Nasional, accessed April 22, 2026, https://bphn.go.id/data/documents/perda_nomor_24_tahun_2008.doc
48. Penyusunan Rancangan RENSTRA Dinas Kelautan dan Perikanan Prov. Kaltim Tahun 2024-2026, accessed April 22, 2026, https://dkp.kaltimprov.go.id/home/more_berita/101010320230003/Penyusunan%20Rancangan%20RENSTRA%20Dinas%20Kelautan%20dan%20Perikanan%20Prov.%20Kaltim%20Tahun%202024-2026
49. Raperda Budi Daya Ikan Air Tawar | PDF - Scribd, accessed April 22, 2026, <https://id.scribd.com/document/686424551/Raperda-Budi-Daya-Ikan-Air-Tawar>
50. Komitmen Gubernur Dukung Sektor Perikanan, Panen Perdana Papuyu Capai 1,2 Ton di Karang Intan - Duta TV, accessed April 22, 2026, <https://dutatv.com/komitmen-gubernur-dukung-sektor-perikanan-panen-perdana-papuyu-capai-12-ton-di-karang-intan/>
51. BBRP2BKP, accessed April 22, 2026, https://ppid.kkp.go.id/media/uploads/document_information_public/RENSTRA_BBRP2BKP_2020-2024_Rev_02_PPID_jdJIHZ8.pdf
52. RENCANA STRATEGIS TAHUN 2020-2024, accessed April 22, 2026, https://ppid.kkp.go.id/media/uploads/document_information_public/Renstra_BRPBATPP_TA_2020_-_2024.pdf

BAB 11

TATA KELOLA ADMINISTRASI DAN SISTEM PELAPORAN DIGITAL PADA SEKTOR PERBENIHAN IKAN



Gambar. 11. 1. Infografis Tata Kelola Administrasi dan Sistem Pelaporan Digital pada Sektor Perbenihan Ikan

Pembangunan sektor kelautan dan perikanan Indonesia dalam periode 2020-2026 mencerminkan sebuah transformasi struktural yang signifikan, yang dipandu oleh visi jangka panjang ekonomi biru. Dalam ekosistem ini, perbenihan ikan tidak lagi dipandang sekadar sebagai aktivitas biologis produksi benih, melainkan sebagai entitas industri yang kompleks yang memerlukan tata kelola administrasi dan pelaporan yang sangat ketat.¹ Efisiensi dalam manajemen operasional, ketertelusuran produk melalui sistem dokumentasi, dan transparansi pelaporan keuangan telah menjadi standar baru yang menentukan keberhasilan unit perbenihan ikan (UPI) di pasar domestik maupun internasional.³ Pentingnya tata kelola ini berakar pada kebutuhan untuk menjamin ketersediaan benih bermutu tinggi dan bebas penyakit secara berkelanjutan guna mendukung target produksi akuakultur nasional yang terus meningkat.⁵

A. Evolusi Kerangka Regulasi dan Arsitektur Hukum Perbenihan Ikan

Landasan hukum yang mengatur administrasi perbenihan ikan di Indonesia telah mengalami perombakan besar antara tahun 2020 hingga 2026 untuk menyesuaikan diri dengan dinamika hukum global dan kemajuan teknologi. Perubahan yang paling fundamental adalah terbitnya Peraturan Menteri Kelautan dan Perikanan (Permen KP) Nomor 21 Tahun 2024 tentang Sistem Perbenihan Ikan Nasional, yang secara resmi mencabut dan menggantikan Permen KP Nomor 35/PERMEN-KP/2016. Pergantian ini didorong oleh kenyataan bahwa regulasi lama tidak lagi mampu mengakomodasi kebutuhan hukum terkini, terutama terkait integrasi perizinan berusaha berbasis risiko dan digitalisasi layanan publik.

Dalam kerangka baru ini, tata kelola perbenihan ikan diintegrasikan ke dalam sistem perizinan yang lebih luas yang diatur oleh Undang-Undang Nomor 6 Tahun 2023 tentang Penetapan Peraturan Pemerintah Pengganti Undang-Undang Nomor 2 Tahun 2022 tentang Cipta Kerja menjadi Undang-Undang. Hal ini menciptakan sinergi administratif di mana setiap unit perbenihan wajib memiliki Nomor Induk Berusaha (NIB) sebagai identitas tunggal pelaku usaha. Selain itu, Peraturan Pemerintah Nomor 5 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perizinan Berusaha Berbasis Risiko menetapkan bahwa perbenihan ikan merupakan sektor yang memerlukan standarisasi ketat untuk memitigasi risiko lingkungan dan keamanan pangan.

B. Perbandingan Evolusi Regulasi Perbenihan Ikan

Komponen Tata Kelola	Era Permen KP 35/2016	Era Permen KP 21/2024 (2024-2026)
Sistem Perizinan	Manual/Parsial di tingkat daerah	Terintegrasi penuh melalui OSS dan SILAT
Fokus Standarisasi	Teknis produksi konvensional	Berbasis risiko, keberlanjutan, dan ekonomi biru
Sistem Pelaporan	Berbasis dokumen fisik (kertas)	Pelaporan digital real-time dan e-PIT
Sertifikasi Mutu	Fokus pada kelulusan teknis	Fokus pada jaminan mutu dan keamanan pangan terpadu
Masa Berlaku Sertifikat	2 hingga 4 tahun berdasarkan nilai	Tetap berjenjang dengan pengawasan surveilans ketat

Transisi regulasi ini menunjukkan adanya pergeseran paradigma dari sekadar pengaturan teknis menuju pengelolaan industri yang akuntabel. Permen KP 21/2024 mempertegas bahwa Cara Perbenihan Ikan yang Baik (CPIB) bukan lagi sekadar himbauan, melainkan kewajiban administratif yang harus dipenuhi oleh setiap orang yang memproduksi benih ikan guna menjamin standar kualitas nasional. Arsitektur hukum ini juga didukung oleh regulasi pelengkap seperti Permen KP Nomor 24 Tahun 2025 yang mengatur secara spesifik tentang tata cara pemasukan induk dan benih dari luar negeri, yang bertujuan untuk melindungi plasma nutfah lokal dan mencegah masuknya patogen trans-nasional.

C. Tata Kelola Administrasi Perizinan dan Sertifikasi Melalui Sistem Elektronik

Modernisasi administrasi perbenihan ikan di Indonesia diwujudkan melalui pengadopsian sistem Online Single Submission (OSS) yang terintegrasi dengan Sistem Informasi Izin

Layanan Cepat (SILAT). Mekanisme ini dirancang untuk menciptakan transparansi dan efisiensi dalam pelayanan publik, di mana pelaku usaha dapat mengurus seluruh keperluan administratif secara mandiri tanpa harus melalui proses birokrasi yang berbelit. Integrasi ini memungkinkan pemerintah untuk memiliki basis data tunggal pelaku usaha perbenihan, yang mempermudah proses pemantauan dan evaluasi kinerja industri secara nasional.

Prosedur administrasi dimulai dengan pendaftaran akun di platform OSS untuk mendapatkan NIB. NIB berfungsi sebagai bukti legalitas utama bagi unit perbenihan, yang kemudian menjadi pintu masuk untuk mengajukan Perizinan Berusaha Untuk Menunjang Kegiatan Usaha (PB-UMKU) dalam bentuk Sertifikat CPIB. Dalam proses ini, sistem SILAT berperan sebagai mesin pengolah data teknis di mana pelaku usaha mengunggah seluruh dokumen pendukung, seperti layout unit, struktur organisasi, dan Standar Operasional Prosedur (SOP). Keunggulan dari sistem Single Sign On (SSO) ini adalah sinkronisasi data yang otomatis, sehingga kesalahan administratif akibat input data berulang dapat diminimalisir.

D. Mekanisme Sertifikasi CPIB dalam Tata Kelola Terbaru

Proses sertifikasi CPIB merupakan pilar utama dalam tata kelola mutu benih ikan. Berdasarkan standar yang ditetapkan oleh Sekolah Usaha Perikanan Menengah (SUPM) Waiheru Ambon pada tahun 2024, proses ini melibatkan tahapan audit yang komprehensif, mulai dari pemeriksaan dokumen hingga verifikasi lapangan. Audit ini dilakukan untuk memastikan bahwa unit perbenihan telah menerapkan manajemen induk, pemijahan, penetasan telur, dan pemeliharaan larva sesuai dengan kriteria teknis yang ditetapkan dalam SNI 8035:2019.

Tahapan Sertifikasi	Durasi/Persyaratan	Keterangan Administratif
Pengajuan Permohonan	Online via OSS	Melampirkan profil UPI dan dokumen SOP
Penilaian Dokumen	39 Hari (Maksimal)	Verifikasi kesesuaian administrasi dan teknis
Pemeriksaan Lapangan	Terjadwal	Verifikasi faktual sarana dan proses produksi
Rapat Teknis	Penentuan Kelulusan	Klasifikasi nilai: Sangat Baik, Baik, atau Cukup ¹¹
Penerbitan Sertifikat	Digital via OSS	Masa berlaku 2, 3, atau 4 tahun sesuai nilai ¹²
Biaya/Tarif	Rp330.000 /orang/hari	PNBP sesuai Peraturan Pemerintah No. 85/2021 ⁴

Tata kelola administrasi sertifikasi ini juga mencakup aspek jaminan pelayanan. Menariknya, instansi seperti SUPM Waiheru Ambon memberikan jaminan kepastian waktu, di mana jika proses melampaui 39 hari, unit layanan berkewajiban memberikan kompensasi simbolis kepada pengguna layanan, yang menunjukkan komitmen terhadap etika pelayanan publik yang profesional. Hal ini mencerminkan penerapan sistem manajemen mutu ISO 9001:2015 dalam birokrasi perikanan Indonesia.

E. Standarisasi Dokumentasi Teknis dan Manajemen Rekaman Operasional

Dokumentasi dalam unit perbenihan ikan adalah instrumen krusial untuk menjamin ketertelusuran (*traceability*). Tanpa rekaman data yang akurat, sebuah unit perbenihan tidak dapat membuktikan asal-usul induk, riwayat kesehatan ikan, maupun efisiensi penggunaan input seperti pakan dan obat-obatan.¹⁵ SNI 8035:2019 tentang Cara Perbenihan Ikan yang Baik mewajibkan setiap pembenih untuk mendokumentasikan setiap tahapan

kegiatan secara sistematis. Rekaman ini bukan sekadar catatan formal, melainkan data strategis yang digunakan untuk pengambilan keputusan manajerial dalam meningkatkan produktivitas.

Logbook atau buku log harian merupakan jantung dari administrasi teknis di UPI. Setiap hari, petugas teknis wajib mencatat parameter kualitas air, jumlah pakan yang diberikan, serta mortalitas ikan. Sebagai contoh, dalam operasional perbenihan lele (*Clarias spp*), manajemen air harus dipantau secara periodik meliputi suhu, pH, oksigen terlarut, dan kadar amoniak.¹⁵ Ketidaksiplinan dalam pencatatan ini sering kali menjadi penyebab utama kegagalan dalam audit sertifikasi CPIB, karena auditor tidak dapat memverifikasi konsistensi penerapan standar produksi di unit tersebut.

F. Parameter Krusial dalam Dokumentasi Teknis Perbenihan

Penerapan administrasi teknis yang detail terbukti memiliki korelasi positif dengan peningkatan performa biologis ikan. Dalam kasus perbenihan Kerapu Tikus, penerapan aspek teknis CPIB yang terdokumentasi dengan baik, termasuk sterilisasi wadah dengan kaporit 150 ppm dan pengelolaan pakan alami yang higienis, mampu meningkatkan derajat kelangsungan hidup larva dari yang semula 7,5% menjadi 20%.

Kategori Rekaman	Komponen yang Wajib Dicatat	Implikasi Manajemen
Riwayat Induk	Surat Keterangan Asal (SKA), umur, berat	Menjamin kualitas genetik dan mencegah inbreeding
Manajemen Pakan	Jenis pakan, dosis, frekuensi, nomor batch	Mengoptimalkan Feed Conversion Ratio (FCR)
Kualitas Air	Suhu, pH, DO, Salinitas (untuk ikan laut)	Mitigasi stres dan pencegahan penyakit
Kesehatan Ikan	Gejala visual, dosis obat, masa henti obat	Menjamin keamanan pangan dan bebas residu
Panen & Distribusi	Jumlah benih, ukuran, tujuan pengiriman	Menjamin ketertelusuran produk ke konsumen

Pencatatan kesehatan ikan merupakan bagian dari prosedur biosekuriti yang sangat ketat. UPI diwajibkan untuk mencatat setiap penggunaan obat ikan, bahan kimia, dan bahan biologi. Tata kelola administrasi ini memastikan bahwa hanya obat yang terdaftar di Kementerian Kelautan dan Perikanan yang digunakan, serta memastikan bahwa ikan yang dipanen telah melewati masa henti obat (*withdrawal period*) untuk menjamin keamanan pangan konsumen. Selain itu, prosedur biosekuriti personel seperti mencuci tangan dengan alkohol 70% sebelum masuk unit perbenihan juga harus didokumentasikan sebagai bagian dari kepatuhan terhadap standar keamanan biologis.

G. Manajemen Keuangan dan Analisis Ekonomi Unit Perbenihan

Tata kelola administrasi yang efektif tidak hanya terbatas pada aspek teknis, tetapi juga mencakup manajemen keuangan yang sehat. Unit perbenihan ikan, terutama skala kecil dan menengah (UKM), sering kali mengalami kesulitan dalam menentukan profitabilitas riil karena kurangnya pencatatan biaya yang akurat. Literatur terbaru pada tahun 2025 menekankan penggunaan metode *Full Costing* dalam menghitung Harga Pokok Produksi (HPP). Pendekatan ini memastikan bahwa seluruh elemen biaya, baik biaya tetap (*fixed cost*) maupun biaya variabel (*variable cost*), diperhitungkan secara detail untuk menentukan harga jual yang rasional.

Dalam struktur biaya unit perbenihan, pakan merupakan komponen biaya variabel terbesar yang dapat mencapai 60% hingga 70% dari total biaya produksi.¹ Oleh karena itu, administrasi pakan yang efisien sangat menentukan kelangsungan finansial unit tersebut. Biaya tetap, di sisi lain, mencakup penyusutan aset seperti kolam, mesin aerasi, dan gedung kantor yang dihitung berdasarkan umur ekonomisnya menggunakan metode garis lurus.

H. Komponen Perhitungan Harga Pokok Produksi (HPP) Perbenihan

Berdasarkan studi kasus pada usaha perbenihan ikan nila larasati tahun 2024, analisis keuangan yang komprehensif sangat penting untuk menghadapi fluktuasi harga bahan baku di pasar. Penggunaan perangkat lunak seperti Microsoft Excel disarankan untuk melakukan simulasi perubahan harga pakan dan dampaknya terhadap stabilitas keuangan unit usaha.

Elemen Biaya	Contoh Item	Karakteristik Administratif
Biaya Tetap	Penyusutan kolam, pompa air, gaji staf tetap	Bersifat konstan terhadap volume produksi
Biaya Variabel	Pembelian bibit, pakan, listrik, plastik packing	Berubah sesuai dengan jumlah benih yang dihasilkan
Biaya Overhead	Transportasi, internet, perbaikan alat, telepon	Biaya pendukung kelancaran operasional

Perhitungan HPP dilakukan dengan rumus:

$$HPP = \frac{TotalBiayaProduksi(Tetap + Variabel + Overhead)}{TotalHasilProduksi(PanenBersih)}$$

Dengan mengetahui HPP secara akurat, pengelola UPI dapat menentukan *floor price* atau harga jual minimum agar tidak mengalami kerugian. Sebagai ilustrasi, pada perbenihan ikan nila strain Sultana, nilai HPP ditemukan sebesar Rp19 per ekor, yang memberikan ruang bagi pengusaha untuk meraih keuntungan yang signifikan dengan harga pasar yang lebih tinggi.²⁴

I. Analisis Kelayakan Investasi dan Arus Kas

Untuk skala industri, tata kelola keuangan mencakup analisis kelayakan jangka panjang guna menarik minat investor atau mendapatkan pembiayaan dari perbankan. Indikator utama

yang digunakan meliputi:

1. **Net Present Value (NPV):** Mengukur nilai kini dari arus kas masuk bersih masa depan dikurangi biaya investasi awal. Dalam studi kasus perbenihan nila di Aceh Tamiang tahun 2024, nilai NPV positif sebesar Rp53.418.844 menunjukkan bahwa usaha tersebut sangat layak secara finansial.
2. **Internal Rate of Return (IRR):** Menentukan tingkat pengembalian modal. Nilai IRR yang mencapai 50,58% jauh di atas suku bunga perbankan (sekitar 10,5%), yang menandakan bahwa perbenihan ikan merupakan sektor investasi yang sangat menjanjikan.
3. **Net B/C Ratio:** Perbandingan antara manfaat dan biaya. Rasio sebesar 2,42 berarti setiap Rp1 yang dikeluarkan memberikan manfaat sebesar 2,42 kali lipat.
4. **Payback Period (PP):** Jangka waktu pengembalian investasi. Rata-rata usaha perbenihan dapat mengembalikan modal dalam waktu 1,6 hingga 2,2 tahun, menjadikannya usaha dengan perputaran modal yang relatif cepat dibandingkan sektor perkebunan.

Ketelitian dalam administrasi keuangan ini juga membantu dalam perencanaan pajak dan pelaporan Penerimaan Negara Bukan Pajak (PNBP). Pelaku usaha yang memiliki catatan keuangan yang rapi cenderung memiliki akses yang lebih baik terhadap bantuan pemerintah dan program subsidi pakan atau benih.

J. Digitalisasi dan Akuakultur 4.0: Masa Depan Pelaporan Perbenihan

Memasuki tahun 2025 dan 2026, pelaporan dalam perbenihan ikan mengalami pergeseran dari sistem manual ke sistem digital berbasis Internet of Things (IoT) dan kecerdasan buatan. Inovasi ini didorong oleh kebutuhan akan akurasi data yang lebih tinggi untuk mendukung pengambilan keputusan yang cepat dalam lingkungan budidaya yang dinamis. Digitalisasi sistem pencatatan produksi, seperti aplikasi "OPSI PAKAN" di

Kabupaten Banyuasin, memungkinkan pembudidaya untuk memantau penggunaan pakan dan efisiensi produksi secara *real-time* melalui perangkat seluler.

Transformasi digital ini bertujuan untuk mengurangi kesalahan pencatatan manual yang sering kali menjadi titik lemah dalam sistem administrasi tradisional. Dengan sistem digital, data tersimpan secara terintegrasi dan mudah dianalisis untuk melihat korelasi antara kualitas lingkungan dengan hasil produksi.

K. Dampak Implementasi Monitoring pH Digital

Salah satu parameter yang paling krusial dalam perbenihan adalah pH air. Fluktuasi pH yang ekstrem dapat menyebabkan stres pada larva ikan dan meningkatkan kerentanan terhadap penyakit. Penggunaan sistem monitoring pH berbasis digital yang terhubung dengan aplikasi seluler memungkinkan respon cepat terhadap perubahan kualitas air hingga 50% lebih cepat dibandingkan pemantauan manual.

Manfaat Digitalisasi	Hasil Penelitian (2025-2026)	Dampak Operasional
Peningkatan Hasil Produksi	Meningkat 20–25%	Efisiensi penggunaan wadah dan air
Pengurangan Mortalitas	Menurun hingga 30%	Kelangsungan hidup benih lebih terjamin
Efisiensi Pakan	Meningkat hingga 40% (pada udang)	Biaya operasional menurun signifikan
Akurasi Data Audit	100% Real-time dan tidak dapat dimanipulasi	Mempermudah proses sertifikasi CPIB

Selain monitoring kualitas air, digitalisasi juga merambah pada sistem estimasi produktivitas seperti aplikasi AQDENPRO (Aquaculture Design and Estimate Productivity). Aplikasi ini membantu pembudidaya skala rumah tangga di lahan suboptimal untuk merancang sistem budidaya yang efisien dan memprediksi

hasil panen dengan lebih akurat. Integrasi teknologi ini memperkuat daya saing usaha mikro berbasis perikanan di pedesaan dan mendukung ketahanan pangan nasional.

Namun demikian, tantangan dalam digitalisasi administrasi masih cukup besar. Sekitar 60% area akuakultur di Indonesia masih menghadapi keterbatasan koneksi internet yang stabil, sementara literasi teknologi di kalangan pembudidaya tradisional baru mencapai 30%. Oleh karena itu, arah kebijakan KKP tahun 2025-2029 difokuskan pada penguatan infrastruktur digital di sentra-sentra produksi perikanan dan peningkatan kapasitas SDM melalui pelatihan digital perikanan.

L. Sistem Pelaporan Akuntabilitas dan Pengendalian Internal

Pelaporan merupakan perpanjangan dari tata kelola administrasi yang berfungsi sebagai mekanisme pertanggungjawaban kepada pemangku kepentingan, baik internal maupun eksternal. Bagi unit perbenihan yang dikelola oleh pemerintah (UPT) maupun swasta yang telah memiliki sertifikat CPIB, kewajiban pelaporan berkala diatur secara ketat untuk memastikan standar mutu tetap terjaga selama masa berlaku sertifikat. Laporan kinerja ini mencakup pencapaian target produksi, realisasi anggaran, serta hambatan teknis yang dihadapi selama operasional.

M. Pelaporan Eksternal dan Kewajiban Pemilik Sertifikat CPIB

Setiap pemilik unit perbenihan yang telah mendapatkan sertifikat CPIB wajib menjaga konsistensi penerapan kriteria dan persyaratan yang telah ditetapkan. Salah satu bentuk kewajiban administratifnya adalah melaporkan setiap perubahan yang terjadi pada unit tersebut, seperti perubahan nama MPM (Manajer Pengendali Mutu) atau penanggung jawab korporasi kepada Direktur Jenderal Perikanan Budidaya. Selain itu, laporan berkala mengenai kegiatan usaha harus disampaikan setiap 6 bulan sejak izin usaha diterbitkan.

Sistem pelaporan eksternal kini semakin dimudahkan dengan adanya aplikasi Span LAPOR dan portal ppid.kkp.go.id, yang memungkinkan masyarakat untuk melakukan pengawasan terhadap layanan publik di sektor perikanan. Hal ini menciptakan ekosistem tata kelola yang transparan dan partisipatif.

N. Sistem Pengendalian Intern Pemerintah (SPIP) dalam Unit Perbenihan

Bagi Balai Perikanan Budidaya yang dikelola negara, Sistem Pengendalian Intern (SPI) merupakan instrumen wajib untuk menjamin akuntabilitas pengelolaan keuangan dan aset negara. Berdasarkan Permen KP Nomor 10 Tahun 2016, penyelenggaraan SPIP diintegrasikan pada seluruh tahap kegiatan, mulai dari perencanaan, pelaksanaan, hingga pertanggungjawaban.

Unsur-unsur SPIP yang harus dipenuhi meliputi:

1. **Lingkungan Pengendalian:** Menciptakan suasana organisasi yang disiplin dan etis dalam pengelolaan unit perbenihan.
2. **Penilaian Risiko:** Mengidentifikasi potensi hambatan seperti penyakit ikan, bencana alam, atau fluktuasi harga yang dapat mengganggu pencapaian tujuan organisasi.
3. **Kegiatan Pengendalian:** Melakukan verifikasi rutin atas laporan pertanggungjawaban dan pengamatan anggaran secara berkala (monitoring bulanan).
4. **Informasi dan Komunikasi:** Penyebaran informasi melalui situs web resmi dan media sosial untuk memberikan informasi terkini kepada publik mengenai ketersediaan benih unggul.
5. **Pemantauan Pengendalian Intern:** Evaluasi oleh tim pengawas internal (Inspektorat) untuk memastikan tidak adanya penyimpangan dalam pengelolaan BMN (Barang Milik Negara) seperti induk unggul dan pakan subsidi.

Pelaksanaan SPIP yang efektif di Balai Perikanan Budidaya Laut (BPBL) Lombok, misalnya, terbukti mampu meningkatkan kehandalan pertanggungjawaban keuangan dan efektivitas pengelolaan aset yang mencakup ratusan ribu benih ikan laut setiap siklusnya.

O. Pengawasan, Pembinaan, dan Evaluasi Kinerja Berkelanjutan

Tata kelola administrasi perbenihan tidak berakhir pada penerbitan sertifikat atau laporan tahunan, melainkan berlanjut pada proses pengawasan dan pembinaan yang bersifat siklis. Peraturan Menteri Kelautan dan Perikanan Nomor 16 Tahun 2024 memberikan kewenangan kepada instansi terkait untuk melakukan pembinaan dan pengendalian dalam rangka penerbitan sertifikasi jaminan mutu dan keamanan hasil perikanan. Pembinaan ini bertujuan untuk meningkatkan pengetahuan dan keterampilan teknis dalam menerapkan teknologi terbaru yang ramah lingkungan.¹¹

P. Mekanisme Pengawasan dan Surveilans

Pengawasan dilakukan melalui kegiatan surveilans minimal satu kali dalam masa berlaku sertifikat untuk memastikan bahwa UPI tetap konsisten menjalankan standar CPIB. Jika ditemukan ketidaksesuaian selama audit surveilans, unit tersebut diberi waktu maksimal 45 hari kerja untuk melakukan tindakan perbaikan.

Jenis Pengawasan	Frekuensi	Pelaksana	Output Administratif
Audit Internal	Berkala (Mandiri)	Manajemen Unit	Laporan perbaikan mandiri
Surveilans	Minimal 1x /masa berlaku	Auditor BPPMHKP	Laporan kesesuaian/status sertifikat
Monev Anggaran	Bulanan	Tim Monev & Pelaporan	Laporan perkembangan kegiatan & anggaran
Uji Publik	Tahunan	Komisi Informasi Pusat	Predikat Informatif bagi layanan publik

Pemerintah juga menerapkan sistem *Reward and Punishment*. Unit perbenihan yang secara konsisten mendapatkan nilai "Sangat Baik" diberikan insentif berupa masa berlaku sertifikat yang lebih lama (4 tahun) dan kemudahan dalam mengakses pasar ekspor.¹¹ Sebaliknya, unit yang melakukan pelanggaran berat, seperti menggunakan antibiotik terlarang atau memanipulasi data pelaporan, dapat dikenakan sanksi pencabutan izin usaha perikanan.

Q. Tantangan dan Rekomendasi Masa Depan Tata Kelola Perbenihan

Meskipun sistem administrasi dan pelaporan perbenihan ikan di Indonesia telah mengalami kemajuan pesat menuju digitalisasi, masih terdapat beberapa tantangan makro yang perlu diatasi. Biaya produksi yang tinggi, terutama komponen pakan yang sangat bergantung pada bahan baku impor, menjadi beban berat bagi administrasi keuangan UPI. Selain itu, fluktuasi kualitas benih antar wilayah menuntut adanya pengawasan mutu yang lebih merata di seluruh Indonesia, tidak hanya terpusat di pulau Jawa.

Rekomendasi untuk masa depan meliputi:

1. **Penguatan Konektivitas Digital:** Pemerintah perlu memprioritaskan penyediaan jaringan internet yang stabil di sentra-sentra budidaya perikanan untuk mendukung adopsi penuh sistem pelaporan digital.
2. **Harmonisasi Data:** Integrasi data antara tingkat kabupaten, provinsi, dan pusat perlu diperkuat melalui platform *Satu Data Kelautan dan Perikanan* untuk menghindari duplikasi pelaporan.
3. **Pengembangan Sistem Prediksi Berbasis AI:** Masa depan tata kelola perbenihan terletak pada kemampuan memprediksi penyakit dan kebutuhan pasar menggunakan *Artificial Intelligence*. Inovasi ini diperkirakan dapat meningkatkan efisiensi produksi hingga 25% di tahun 2026 ke atas.
4. **Modernisasi Logistik Benih:** Tata kelola pelaporan distribusi benih harus mencakup sistem pelacakan *real-time* untuk mengurangi tingkat kematian selama transportasi, yang saat ini

masih menjadi kendala besar dalam distribusi benih nasional.

Transformasi tata kelola administrasi dan pelaporan ini bukan sekadar tugas birokrasi, melainkan upaya kolektif untuk membangun industri perbenihan ikan yang tangguh, transparan, dan berkelanjutan. Dengan landasan regulasi yang kuat, sistem digital yang mutakhir, dan manajemen keuangan yang akuntabel, Indonesia berada pada jalur yang tepat untuk menjadi pemimpin dalam akuakultur berkelanjutan di kawasan Asia-Pasifik pada tahun 2026 dan masa mendatang.

Daftar Acuan

1. PERATURAN MENTERI KELAUTAN DAN PERIKANAN REPUBLIK INDONESIA NOMOR 18 TAHUN 2025 TENTANG RENCANA STRATEGIS KEMENTERIAN KELAUTAN D - PPID KKP, accessed April 12, 2026, https://ppid.kkp.go.id/media/uploads/document_information_public/PermenKP_18_Tahun_2025_Renstra_KKP_2025-2029_301ueXj.pdf
2. Laporan Kinerja - KKP, accessed April 12, 2026, <https://kkp.go.id/storage/AkuntabilitasKinerja/4263/document-akuntabilitas-kinerja-69a68bd1d24df00.%20Laporan%20Kinerja%20KKP%20Tahun%202025.pdf>
3. Laporan Kegiatan & Anggaran Bulan September 2024 - PPID KKP, accessed April 12, 2026, https://ppid.kkp.go.id/media/uploads/document_information_public/9._Laporan_Perkembangan_Anggaran_dan_Kegiatan_Bulan_bVq0Ety.pdf
4. Untitled - PPID KKP, accessed April 12, 2026, https://ppid.kkp.go.id/media/uploads/document_information_public/STANDAR_LAYANAN_-_CPIB_1.pdf
5. PERATURAN MENTERI KELAUTAN DAN ... - Peraturan.go.id, accessed April 12, 2026, <https://peraturan.go.id/files/permenkkp-no-21-tahun-2024.pdf>
6. rencana strategis badan pengendalian dan pengawasan mutu hasil kelautan dan perikanan tahun 2025-2029 - PPID KKP, accessed April 12, 2026, https://ppid.kkp.go.id/media/uploads/document_information_public/RENSTRA_DAN_RENJA_BPPMHKP_SEMARANG_TA_2025_compressed.pdf
7. 9 Sertifikasi - PPID KKP, accessed April 12, 2026, https://ppid.kkp.go.id/media/uploads/document_information_public/2025.04.29.A._Handbook_Sertifikasi_Mutu_PIBCRqv.pdf
8. DIREKTORAT JENDERAL PERIKANAN BUDI DAYA - Cara Perbenihan Ikan yang Baik (CPIB), accessed April 12, 2026, https://cpib.pasolusi.com/web/assets/file/standar_pelayanan_p

- ublik_lingkup_direktorat_perbenihan.pdf
9. STANDAR PELAYANAN DIREKTORAT PERIZINAN DAN KENELAYANAN TAHUN 2025, accessed April 12, 2026, <https://perizinan.kkp.go.id/assets/dokumen/STANDAR%20PELAYANAN%202025%20DIT.PDK.pdf>
 10. IGA 2026 - OPSI PAKAN (Optimalisasi Sistem Produksi melalui Penerapan Pencatatan Digital untuk Meningkatkan Kuantitas Perbenihan Ikan) - Tuxedovation, accessed April 12, 2026, https://tuxedovation.inovasi.litbang.kemendagri.go.id/detail_inovasi/168531
 11. PERATURAN MENTERI KELAUTAN DAN PERIKANAN REPUBLIK INDONESIA NOMOR 35/PERMEN-KP/2016 TENTANG CARA PERBENIHAN IKAN YANG BAIK - PPID PROVINSI JAMBI, accessed April 12, 2026, <https://ppid.jambiprov.go.id/front/dokumen/download/300047791>
 12. BADAN PENGENDALIAN DAN PENGAWASAN MUTU HASIL KELAUTAN DAN PERIKANAN - PPID KKP, accessed April 12, 2026, https://ppid.kkp.go.id/media/uploads/document_information_public/2_Standar_Pelayanan_2025_Baubau.pdf
 13. Peraturan Menteri Kelautan dan Perikanan Nomor 24 Tahun 2025 tentang Persyaratan Dan Tata Cara Penerbitan Rekomendasi Teknis Pemasukan Calon Induk, Induk, Benih Ikan, Dan/ Atau Inti Mutiara Ke Dalam Wilayah Negara Republik Indonesia, accessed April 12, 2026, <https://jdih.kkp.go.id/Homedev/DetailPeraturan/6914>
 14. Sosialisasi Perizinan Berusaha Terintegrasi melalui OSS Online Single Submission, accessed April 12, 2026, <https://www.youtube.com/watch?v=89I4yK8a6Yw>
 15. PROSEDUR OPERASIONAL PERBENIHAN LELE (*Clarias spp.*), accessed April 12, 2026, <https://diskan.kamparkab.go.id/public/dokumen/cpib-sop.pdf>
 16. Pedoman CPIB untuk Perbenihan Ikan | PDF - Scribd, accessed April 12, 2026, <https://id.scribd.com/document/821467105/29-CPIB>

17. ASPEK TEKNIS PENERAPAN CARA PERBENIHAN IKAN YANG ..., accessed April 12, 2026, <https://journal.ibrahimy.ac.id/index.php/JSAPI/article/download/205/192>
18. DIGITALISATION OF WATER pH MONITORING IN AQUACULTURE, accessed April 12, 2026, <https://gphjournal.org/index.php/ar/article/download/2238/1763/>
19. Pembinaan Teknis untuk Persiapan Sertifikasi CPIB (Cara Perbenihan Ikan yang Baik) - DINAS PERIKANAN DAN KETAHANAN PANGAN KOTA DENPASAR, accessed April 12, 2026, <https://www.perikanan.denpasarkota.go.id/berita/pembinaan-teknis-untuk-persiapan-sertifikasi-cpib-cara-perbenihan-ikan-yang-baik>
20. Menghitung HPP Bibit Lele dan Pembuatan Laporan Keuangan Pada Usaha Pembibitan Lele di Kampung Lele Desa Hangtuh Kecamatan Perh, accessed April 12, 2026, <https://ojs.stmikdharmapalariau.ac.id/index.php/jasd/article/view/83/72>
21. OPTIMASI PERHITUNGAN HARGA POKOK ... - Journal IPB, accessed April 12, 2026, <https://journal.ipb.ac.id/jstrsv/article/download/64539/32285/381059>
22. ANALISIS KELAYAKAN FINANSIAL USAHA BUDIDAYA PERBENIHAN IKAN NILA (*Oreochromis niloticus*) - Universitas Brawijaya, accessed April 12, 2026, <https://repository.ub.ac.id/167919/1/Rosi%20Aryandini.pdf>
23. Analisis Kelayakan Finansial Usaha Perbenihan Ikan Nila Larasati ..., accessed April 12, 2026, <https://ejournal.unisbablitar.ac.id/index.php/grafting/article/download/3247/1747>
24. Manajerial dan Analisa Usaha Perbenihan Ikan Nila Strain Sultana *Oreochromis niloticus* untuk Meningkatkan Performa Benih Ikan - ResearchGate, accessed April 12, 2026, https://www.researchgate.net/publication/376060423_Manajeria

- I_dan_Analisa_Usaha_Perbenihan_Ikan_Nila_Strain_Sultana_Ore ochromis_niloticus_untuk_Meningkatkan_Performa_Benih_Ikan
25. Petunjuk Teknis - PPID | Kementerian Kelautan dan Perikanan, accessed April 12, 2026, <https://ppid.kkp.go.id/upt/balai-perikanan-budidaya-laut-ambon/regulasi/petunjuk-teknis/>
 26. KKP optimalkan digitalisasi untuk tingkatkan layanan perikanan tangkap - ANTARA News, accessed April 12, 2026, <https://www.antaranews.com/berita/4990717/kkp-optimalkan-digitalisasi-untuk-tingkatkan-layanan-perikanan-tangkap>
 27. Pengembangan Aplikasi Berbasis Digital untuk Peningkatan Produksi Budidaya Ikan Skala Rumah Tangga di Lahan Suboptimal - Repository Conference | Universitas Sriwijaya, accessed April 12, 2026, <https://conference.unsri.ac.id/index.php/lahansuboptimal/article/viewFile/1992/1158>
 28. TRANSFORMASI DIGITAL DALAM MANAJEMEN KEUANGAN DAN PEMASARAN IKAN NILA DI POKDAKAN MINA SARI | BUDIMAS : JURNAL PENGABDIAN MASYARAKAT - STIE AAS Surakarta, accessed April 12, 2026, <https://jurnal.stie-aas.ac.id/index.php/JAIM/article/view/18022>
 29. Laporan Tahunan Perikanan Budidaya 2022, accessed April 12, 2026, <https://diskan.palangkaraya.go.id/wp-content/uploads/sites/69/2023/03/17-Laporan-dan-Dokumentasi-Bidang-Perikanan-Budidaya-2022.pdf>
 30. LAPORAN - PPID KKP, accessed April 12, 2026, https://ppid.kkp.go.id/media/uploads/document_information_public/Laporan_Penyelenggaraan_SPIP_Triwulan_I_2025.pdf
 31. Laporan Kegiatan & - Anggaran Bulan Juni 2025 - PPID KKP, accessed April 12, 2026, https://ppid.kkp.go.id/media/uploads/document_information_public/6_Laporan_Perkembangan_Kegiatan_dan_Anggran_Bulan_JUNI_2025.pdf
 32. Peraturan Menteri Kelautan dan Perikanan Nomor 21 Tahun 2024 tentang Sistem Perbenihan Ikan Nasional, accessed April 12, 2026, <https://jdih.kkp.go.id/Homedev/DetailPeraturan/6694>

33. KKP Kembangkan Jejaring Perbenihan Nasional Ikan Nila - KKP | Kementerian Kelautan dan Perikanan, accessed April 12, 2026, <https://kkp.go.id/news/news-detail/kkp-kembangkan-jejaring-perbenihan-nasional-ikan-nila.html>
34. KKP Siapkan Empat Regulasi untuk Perkuat Daya Saing Produk Kelautan Perikanan, accessed April 12, 2026, <https://www.brpl.info/2026/01/kkp-siapkan-empat-regulasi-untuk.html>

BAB 12

TATA KELOLA CARA PERBENIHAN IKAN YANG BAIK (CPIB) DAN STANDAR NASIONAL INDONESIA (SNI)



Gambar.11.1. Tata Kelola Cara Perbenihan Ikan yang Baik (CPIB) dan Standar Nasional Indonesia (SNI)

Pembangunan sektor perikanan budidaya di Indonesia telah memasuki babak baru yang krusial seiring dengan diterbitkannya peta jalan Ekonomi Biru menuju Indonesia Emas 2045. Dalam ekosistem ini, subsektor perbenihan memegang peranan sebagai mesin pertumbuhan utama karena kualitas benih merupakan faktor determinan yang menentukan efisiensi produksi, kesehatan biota, hingga daya saing produk di pasar internasional. Tata kelola perbenihan ikan nasional saat ini diatur melalui sinergi antara implementasi Cara Perbenihan Ikan yang Baik (CPIB) dan kepatuhan terhadap Standar Nasional Indonesia (SNI) yang terus mengalami pemutakhiran untuk menjawab tantangan global, perubahan iklim, dan tuntutan keamanan pangan yang semakin ketat. Melalui Peraturan Menteri Kelautan dan Perikanan Nomor 21 Tahun 2024 tentang Sistem Perbenihan Ikan Nasional, pemerintah telah mereformasi kerangka hukum untuk menciptakan sistem perbenihan yang lebih terintegrasi, transparan, dan berbasis risiko, yang

menggantikan regulasi lama demi mengakomodasi perkembangan teknologi dan dinamika usaha terkini.

A. Evolusi Kerangka Regulasi Perbenihan Ikan Nasional

Transformasi tata kelola perbenihan ikan di Indonesia dalam periode 2020-2026 ditandai dengan pergeseran signifikan dari pengawasan konvensional menuju sistem jaminan mutu yang terintegrasi secara digital. Sebelumnya, pedoman operasional unit perbenihan ikan (UPI) mengacu pada Peraturan Menteri Kelautan dan Perikanan Nomor 35/PERMEN-KP/2016. Regulasi ini menetapkan fondasi bagi sertifikasi CPIB yang mencakup kriteria teknis, manajemen, keamanan pangan, dan lingkungan. Namun, seiring dengan diberlakukannya Undang-Undang Nomor 6 Tahun 2023 tentang Penetapan Peraturan Pemerintah Pengganti Undang-Undang Nomor 2 Tahun 2022 tentang Cipta Kerja menjadi Undang-Undang, seluruh sistem perizinan di Indonesia bertransformasi menjadi *Online Single Submission Risk-Based Approach* (OSS-RBA).

Puncaknya terjadi pada November 2024 dengan diterbitkannya Peraturan Menteri Kelautan dan Perikanan Nomor 21 Tahun 2024 yang secara resmi mencabut Permen KP 35/2016. Regulasi terbaru ini mengatur secara komprehensif mulai dari pemanfaatan dan pelestarian plasma nutfah, produksi dan peredaran benih, hingga penguatan jejaring perbenihan nasional. Evolusi ini menunjukkan bahwa pemerintah tidak lagi memandang perbenihan sebagai aktivitas budidaya semata, melainkan bagian dari pertahanan biosekuriti nasional dan jaminan mutu hulu-hilir.

Dasar Hukum Utama	Fokus Lingkup	Status
UU No. 6 Tahun 2023	Perizinan Berusaha Berbasis Risiko (Cipta Kerja)	Berlaku

PP No. 28 Tahun 2017	Pembudidayaan Ikan dan Jaminan Mutu	Berlaku
Permen KP No. 21 Tahun 2024	Sistem Perbenihan Ikan Nasional	Berlaku
Permen KP No. 16 Tahun 2024	Kewenangan Pembinaan dan Pengendalian Mutu	Berlaku
SNI 8035:2019	Standar Umum Cara Perbenihan Ikan yang Baik	Berlaku

Sumber: Analisis kompilasi regulasi sektor kelautan dan perikanan 2020-2026.

Penerapan regulasi ini juga beririsan dengan kebijakan ekspor, di mana negara tujuan seperti Uni Eropa menuntut jaminan mutu yang sangat ketat melalui *official control* dari otoritas kompeten. Oleh karena itu, tata kelola CPIB dan SNI menjadi instrumen diplomasi perdagangan yang memastikan produk perikanan Indonesia bebas dari kontaminasi bakteri pembusuk seperti *Pseudomonas sp.* atau *Aeromonas sp.*, serta bebas dari residu antibiotik dan logam berat.

B. Pilar Utama Cara Perbenihan Ikan yang Baik (CPIB)

CPIB didefinisikan sebagai standar sistem mutu perbenihan paling dasar yang harus diterapkan oleh pembenih ikan dalam memproduksi benih yang bermutu melalui kontrol lingkungan yang ketat. Benih bermutu dicirikan oleh laju pertumbuhan yang cepat, keseragaman ukuran, sintasan (kelangsungan hidup) yang tinggi, serta kemampuan beradaptasi yang kuat terhadap lingkungan budidaya pembesaran. Terdapat empat pilar utama yang menjadi syarat mutlak dalam implementasi CPIB.

1. Persyaratan Teknis dan Kelayakan Lokasi

Aspek teknis merupakan fondasi fisik dari sebuah unit perbenihan. Pemilihan lokasi harus memenuhi kriteria keamanan lingkungan yang sangat spesifik untuk mencegah kegagalan produksi. Lokasi unit perbenihan wajib dibangun di kawasan yang bebas banjir, terhindar dari potensi kontaminasi limbah industri maupun domestik, serta jauh dari lahan pertanian yang menggunakan pestisida secara masif. Kedekatan dengan sumber air yang layak secara kualitas dan kuantitas sepanjang tahun adalah keharusan, di mana sumber air tersebut harus memiliki hasil pengujian laboratorium yang menunjukkan parameter fisika, kimia, dan biologi sesuai dengan ambang batas SNI perbenihan.

Desain fasilitas UPI juga harus mencerminkan prinsip pemisahan area produksi. Fasilitas sanitasi seperti toilet dan *septic tank* wajib ditempatkan minimal 10 meter dari petak pemeliharaan benih untuk mencegah kontaminasi silang patogen dari limbah manusia. Ruang lingkup fasilitas teknis meliputi laboratorium sederhana untuk monitoring kesehatan, gudang pakan yang kering dan berventilasi baik, bak karantina induk, serta wadah pemeliharaan larva yang terlindung dari fluktuasi cuaca ekstrem.

2. Manajemen Induk dan Produksi Benih

Kualitas benih bermula dari kualitas induk yang digunakan. Dalam tata kelola CPIB, induk ikan harus berasal dari panti benih yang memiliki Surat Keterangan Asal (SKA) atau sertifikat sebagai induk unggul hasil pemuliaan atau domestikasi. UPI dilarang keras memproduksi induk sendiri tanpa program pemuliaan yang terstandar minimal selama satu tahun di bawah pengawasan otoritas kompeten. Manajemen induk mencakup pemberian pakan dengan nutrisi spesifik (pakan induk), pengamatan kematangan gonad secara rutin, dan proses pemijahan yang dilakukan dengan teknik yang tidak menyebabkan stres berlebihan pada ikan.

Setelah telur menetas, pemeliharaan larva harus dilakukan dalam lingkungan yang terkontrol. Aklimatisasi benih saat pemindahan wadah menjadi prosedur krusial untuk mencegah kematian massal akibat syok lingkungan. Kepadatan penebaran (padat tebar) harus disesuaikan dengan kapasitas daya dukung wadah dan efisiensi sistem aerasi guna menjamin kadar oksigen terlarut (DO) tetap optimal.

3. Manajemen Pakan, Obat Ikan, dan Bahan Kimia

Pakan menyumbang 60-70% dari biaya produksi, namun kualitasnya tidak boleh dikompromikan. UPI wajib menggunakan pakan yang telah terdaftar di Kementerian Kelautan dan Perikanan dan memiliki label berbahasa Indonesia yang jelas. Pakan harus bebas dari cemaran mikrobiologi seperti *Salmonella* dan total aflatoksin yang dapat meracuni ikan. Selain itu, penyimpanan pakan harus dilakukan di atas palet untuk mencegah kelembapan yang dapat memicu pertumbuhan jamur.

Penggunaan obat-obatan dan bahan kimia dalam unit perbenihan bersifat sangat terbatas dan harus dilakukan secara bertanggung jawab. Hanya obat ikan yang terdaftar dan direkomendasikan yang boleh digunakan, dengan dosis dan frekuensi sesuai aturan pakai guna menghindari resistensi antimikroba (AMR) dan penumpukan residu di tubuh benih ikan. Tindakan desinfeksi peralatan menggunakan kaporit atau alkohol 70% dilakukan secara rutin sebelum dan sesudah aktivitas produksi untuk memutus rantai penyebaran penyakit.

4. Pengelolaan Lingkungan dan Biosekuriti

Biosekuriti adalah tindakan perlindungan untuk mengurangi risiko masuknya penyakit dan penyebarannya dari satu tempat ke tempat lain.²⁸ Implementasi biosekuriti dalam unit perbenihan mencakup pengendalian akses masuk personel dan kendaraan melalui pintu tunggal yang dilengkapi fasilitas sterilisasi. Pengaturan tata letak unit produksi harus mengikuti alur proses (induk -> telur -> larva -> benih) untuk mencegah arus balik patogen dari area benih ke area induk yang lebih sensitif.

Aspek lingkungan juga menekankan pada pengelolaan limbah produksi. Air buangan dari unit perbenihan tidak boleh langsung dibuang ke perairan umum tanpa proses pengendapan atau filtrasi biologi. Hal ini bertujuan untuk meminimalkan dampak negatif terhadap ekosistem sekitar dan mencegah penularan penyakit ke alam bebas. UPI yang telah bersertifikat CPIB juga diharapkan mampu berkontribusi dalam pelestarian ikan endemik lokal melalui upaya domestikasi yang aman dan berkelanjutan.

C. Prosedur Sertifikasi dan Tata Kelola Administrasi

Proses mendapatkan Sertifikat CPIB saat ini telah dipermudah melalui sistem elektronik, namun tetap mempertahankan ketatnya penilaian teknis di lapangan. Sertifikat CPIB adalah bukti pengakuan tertulis bahwa unit perbenihan tersebut telah menerapkan Sistem Jaminan Mutu dan Keamanan Hasil Perikanan secara konsisten.

1. Mekanisme Pengajuan Melalui OSS-RBA

Pelaku usaha perikanan, mulai dari skala mikro hingga besar, melakukan pendaftaran perizinan berusaha melalui portal OSS dengan menginput Kode Klasifikasi Baku Lapangan Usaha Indonesia (KBLI) yang sesuai, misalnya KBLI 03226 untuk Perbenihan Ikan Air Tawar. Berdasarkan tingkat risikonya, usaha perbenihan umumnya masuk kategori Menengah Tinggi, sehingga memerlukan Sertifikat Standar yang harus diverifikasi oleh kementerian atau lembaga terkait. Dokumen persyaratan yang harus diunggah mencakup:

- a. Nomor Induk Berusaha (NIB).
- b. Profil data unit perbenihan (jenis ikan, sarana prasarana, kapasitas produksi).
- c. Gambar layout bangunan dan petakan unit.
- d. Struktur organisasi dengan rincian uraian tugas personel.
- e. Standar Operasional Prosedur (SOP) dan contoh formulir pencatatan kegiatan harian.
- f. Sertifikat Manajer Pengendali Mutu (MPM) yang masih berlaku.

2. Audit Lapangan dan Penilaian Kelulusan

Setelah dokumen dinyatakan lengkap dan sesuai, otoritas kompeten menugaskan inspektur mutu atau tim auditor untuk melakukan audit lapangan. Audit ini bertujuan memverifikasi apakah prosedur yang tertulis dalam SOP benar-benar dilaksanakan secara konsisten di lapangan. Auditor memeriksa catatan harian, menguji kompetensi personel teknis, serta melakukan pemeriksaan visual terhadap kondisi kesehatan benih dan kebersihan fasilitas. Dalam kondisi darurat atau geografis yang sulit dijangkau, inspeksi dapat dilakukan secara jarak jauh (*remote inspection*) melalui pertemuan virtual dan pengiriman bukti visual digital.

Komponen Penilaian Audit	Fokus Utama
Administrasi & Legalitas	Kesesuaian NIB, NIK, dan sertifikat MPM
Sarana & Prasarana	Kelayakan fisik wadah dan sistem filtrasi air
Proses Produksi	Kepatuhan terhadap SOP dan manajemen pakan
Kesehatan Ikan	Bebas penyakit dan penerapan biosekuriti
Manajemen Data	Ketersediaan rekaman harian dan ketertelusuran

Sumber: Analisis kompilasi checklist sertifikasi mutu KKP 2024-2025.

Penentuan kelulusan dilakukan melalui rapat teknis tingkat pusat. Jika UPI dinyatakan lulus, lembaga OSS akan menerbitkan Sertifikat CPIB secara otomatis. Jika UPI belum memenuhi standar minimal, diberikan waktu maksimal 45 hari kerja untuk melakukan tindakan perbaikan yang laporannya akan diverifikasi kembali oleh auditor.

3. Pemeringkatan dan Masa Berlaku Sertifikat

Salah satu inovasi dalam tata kelola terbaru adalah sistem pemeringkatan yang memberikan insentif bagi unit perbenihan yang memiliki kinerja unggul. Sertifikat CPIB dibedakan menjadi tiga peringkat kelulusan berdasarkan skor penilaian

Peringkat Kelulusan	Rentang Skor	Masa Berlaku Sertifikat
Sangat Baik (Excellent)	> 88 - 100	4 Tahun
Baik (Good)	> 80 - 88	3 Tahun
Cukup (Fair)	75 - 80	2 Tahun

Sumber: Diolah dari Permen KP 35/2016 dan Handbook Sertifikasi Mutu 2025.

Masa berlaku sertifikat ini memiliki implikasi teknis pada frekuensi surveilans. UPI dengan predikat Sangat Baik mendapatkan prioritas dalam pelayanan publik dan bantuan pemerintah, namun tetap dilakukan surveilans minimal satu kali dalam empat tahun untuk menjamin konsistensi standar. Sebaliknya, UPI dengan peringkat Cukup akan lebih sering dipantau untuk memastikan adanya perbaikan manajemen mutu yang berkelanjutan.

D. Analisis Teknis Standar Nasional Indonesia (SNI) Perbenihan

SNI merupakan instrumen pelengkap CPIB yang menyediakan ambang batas teknis kuantitatif dan kualitatif untuk setiap jenis ikan. Hingga tahun 2026, Badan Standardisasi Nasional (BSN) terus melakukan kaji ulang dan revisi terhadap SNI perbenihan guna menyelaraskan standar dengan perkembangan genetika dan teknologi pakan terbaru.

1. Standardisasi Benih Ikan Nila Hitam (*Oreochromis niloticus*)

Ikan nila merupakan komoditas strategis dengan volume peredaran benih tertinggi di Indonesia. Standar utamanya tertuang dalam SNI 6140:2009 tentang Benih Ikan Nila Hitam Kelas Benih Sebar. SNI ini membagi benih nila ke dalam beberapa klasifikasi ukuran yang sangat presisi untuk memudahkan transaksi antara pembenih dan pembudidaya pembesaran.

Klasifikasi Benih	Umur Maksimal (Hari)	Panjang Total (cm)	Bobot Minimal (gram)
Larva	10	0,9 - 1,3	0,002
Benih PI (Pendederan I)	30	1 - 3	0,5
Benih PII (Pendederan II)	40	3 - 5	2,5
Benih PIII (Pendederan III)	80	5 - 8	4,5
Sangkal	100	8 - 12	10 - 15

Sumber: Diolah dari SNI 6140:2009.

Secara kualitatif, benih nila yang memenuhi SNI harus memiliki warna perut putih keabu-abuan dan punggung gelap, tubuh normal tanpa cacat fisik, serta gerakan yang aktif menyongsong arus. Selain benih sebar, terdapat pula standar untuk produksi induk nila hitam kelas induk pokok yang diatur dalam SNI 6139:2009, yang menekankan pada kemurnian strain dan efisiensi reproduksi.

2. Standardisasi Benih Ikan Lele (*Clarias spp.*)

Perbenihan lele, khususnya strain lele dumbo dan mutiara, berkembang pesat di tingkat rakyat karena kemampuannya hidup di lingkungan dengan oksigen rendah berkat adanya organ pernapasan tambahan berupa *arborescent*. SNI 6484.2:2014 mengatur persyaratan benih lele dumbo kelas benih sebar dengan kriteria yang sangat mengedepankan respon motorik benih.

Kriteria kuantitatif untuk benih lele dumbo mencakup panjang total 0,5-0,7 cm untuk larva hingga 7-9 cm untuk pendederan IV. Keseragaman ukuran minimal harus mencapai 75% untuk setiap batch produksi guna meminimalkan kanibalisme yang menjadi risiko utama dalam perbenihan lele. Benih yang sehat akan bergerak menyebar dengan cepat bila diberikan gangguan mekanis pada wadahnya.

Parameter Produksi Lele	Standar Nilai (SNI)
Suhu Media Penetasan	25 - 30 °C
pH Air Media	6,5 - 8,5
Kadar Protein Pakan Larva	> 30%
Waktu Penetasan Telur	33 - 36 Jam
Laju Pergantian Air Harian	10 - 15%

Sumber: Analisis data SNI 01-6484.4-2000 dan SNI 6484.2:2014.

3. Standardisasi Ikan Mas (*Cyprinus carpio*)

Ikan mas strain Majalaya dan Sinyonya merupakan kekayaan sumber daya genetik Indonesia yang standardisasinya diatur melalui SNI 8296:2016. Fokus utama SNI ini adalah pada kelaikan lokasi produksi yang mensyaratkan ketinggian lahan 0-1000 mdpl dan ketersediaan sumber air yang bebas dari pengaruh pencemaran pestisida pertanian. Benih ikan mas yang berkualitas harus memiliki bentuk mata bulat menonjol, tubuh tebal dan gemuk, serta ekor yang berwarna terang bersinar.

4. Standardisasi Benih Ikan Kerapu Cantang Hibrida

Sebagai komoditas hulu yang berorientasi ekspor, perbenihan kerapu cantang (*Epinephelus fuscoguttatus* x *E. lanceolatus*) diatur secara sangat teknis dalam SNI 8036.1:2014. Kerapu cantang dipilih karena keunggulan laju pertumbuhannya yang dua kali lebih cepat dibandingkan kerapu macan. SNI mensyaratkan benih harus bebas dari kontaminasi virus VNN yang sering menjadi penyebab kegagalan panen massal. Tingkat sintasan benih kerapu cantang pada tahap pendederan minimal ditargetkan sebesar 80%.

E. Peran Teknologi Modern dalam Kepatuhan Standar CPIB dan SNI

Implementasi standar seringkali sulit dicapai hanya dengan metode tradisional. Oleh karena itu, periode 2021-2025 menjadi era adopsi teknologi intensif dalam tata kelola perbenihan ikan nasional, terutama melalui sistem resirkulasi dan digitalisasi.

1. Recirculating Aquaculture System (RAS)

Teknologi RAS merupakan solusi cerdas untuk memenuhi kriteria biosekuriti dan efisiensi air dalam standar CPIB. Dengan sistem filtrasi fisik dan biologi yang mendaur ulang air hingga 90-100%, risiko masuknya patogen dari sumber air luar dapat diminimalkan secara drastis. Biofilter yang berisi bakteri nitrifikasi berperan mengubah amonia (toksik) menjadi nitrat yang lebih aman bagi benih ikan.

Manfaat RAS bagi unit perbenihan berstandar SNI antara lain:

- a. **Stabilitas Lingkungan:** Menjaga suhu dan pH pada rentang optimum secara konstan, sehingga mempercepat pertumbuhan benih.⁵⁹
- b. **Keamanan Biologis:** Memutus siklus hidup parasit yang terbawa air sumber.⁶¹
- c. **Efisiensi Pakan:** Meningkatkan daya cerna ikan karena kondisi stres yang rendah, menurunkan nilai *Feed Conversion Ratio* (FCR).⁵⁹

2. Internet of Things (IoT) dan Monitoring Digital

Digitalisasi pemantauan kualitas air melalui IoT telah menjadi bagian dari inisiatif "Smart Fisheries Village" (SFV) untuk mendukung unit perbenihan rakyat. Sensor digital yang terhubung dengan NodeMCU atau ESP32 mengirimkan data parameter kualitas air (Suhu, pH, DO, Amonia) secara *real-time* ke aplikasi di ponsel pintar pengelola UPI.

Sistem cerdas seperti "Si Moncer" memungkinkan pembenih mendapatkan notifikasi otomatis jika kondisi air melampaui batas kritis yang ditetapkan SNI. Hasil pengujian menunjukkan bahwa akurasi sensor digital IoT mencapai 99,8%,

yang memberikan kepastian data bagi unit perbenihan dalam memenuhi persyaratan dokumentasi digital sertifikasi CPIB.

F. Tantangan dan Kendala Implementasi di Tingkat Pembenih Rakyat

Meskipun sistem tata kelola telah dirancang dengan matang, terdapat disparitas signifikan dalam implementasinya di lapangan, terutama bagi pembudidaya ikan skala mikro dan kecil.

1. Hambatan Ekonomi dan Fluktuasi Biaya Produksi

Kenaikan harga input produksi, terutama pakan yang bahan bakunya masih didominasi impor, menjadi kendala utama. Lonjakan biaya produksi yang tidak disertai kenaikan harga jual benih yang proporsional telah menurunkan daya beli pembudidaya, tercermin dari fluktuasi Nilai Tukar Pembudidaya Ikan (NTPi) yang sempat merosot tajam pada tahun 2024 ke angka 102,07. Investasi awal untuk teknologi pendukung standar seperti sistem aerasi otomatis atau instalasi RAS masih dianggap terlalu mahal bagi pembenih rakyat.

2. Kendala Administrasi dan Kompetensi Personel

Banyak pembenih rakyat kesulitan dalam menyusun dokumentasi dan rekaman kegiatan harian yang menjadi syarat mutlak audit CPIB. Keterbatasan tenaga Manajer Pengendali Mutu (MPM) yang bersertifikat di daerah pelosok seringkali menjadi penghambat proses sertifikasi UPI. Selain itu, pemenuhan persyaratan legalitas baru seperti Persetujuan Kesesuaian Kegiatan Pemanfaatan Ruang Laut (PKKPRL) menambah kompleksitas birokrasi bagi unit usaha budidaya di pesisir.

3. Tantangan Biosekuriti dan Penyakit Ikan

Tingginya aktivitas lalu lintas ikan hidup antar wilayah meningkatkan risiko penyebaran HPIK. Beberapa penyakit seperti IHNV di Sulawesi atau kontaminasi bakteri patogen di jalur distribusi ekspor masih menjadi ancaman nyata yang dapat menurunkan keberterimaan produk Indonesia di pasar global.¹⁰ Kurangnya disiplin personel dalam menerapkan prosedur sterilisasi tangan dan alas kaki di dalam UPI rakyat

seringkali menjadi "pintu masuk" bagi kegagalan produksi akibat infeksi penyakit.

G. Proyeksi dan Rencana Strategis Perbenihan Ikan

Menyongsong akhir dekade ini, Kementerian Kelautan dan Perikanan telah menetapkan target produksi dan standar mutu yang lebih agresif melalui Rencana Strategis (Renstra) 2025-2029.

1. Target Kemandirian Benih dan Induk Unggul

Pemerintah berencana memperkuat peran *broodstock center* di berbagai Unit Pelaksana Teknis (UPT) untuk menjamin ketersediaan induk unggul nasional secara berkelanjutan. Target produksi benih ikan air tawar diproyeksikan meningkat dari 10 juta unit pada 2026 menjadi 13 juta unit pada 2029. Untuk mendukung hal ini, KKP mengalokasikan pembangunan prasarana produksi budidaya dan laboratorium kesehatan ikan sebanyak 21 unit per tahun mulai tahun 2027.

2. Hilirisasi dan Peningkatan Daya Saing Global

Tata kelola CPIB dan SNI akan terus didorong sebagai "senjata" untuk menembus 159 negara tujuan ekspor. Hilirisasi produk perikanan, seperti ikan nila (*tilapia*) dalam bentuk filet beku, menuntut perbenihan di hulu untuk konsisten menghasilkan benih yang bebas residu hormon dan antibiotik. Dengan diterapkannya sertifikasi internasional seperti *Aquaculture Stewardship Council* (ASC) yang bersinergi dengan IndoGAP, Indonesia optimis mampu mempertahankan posisinya sebagai produsen akuakultur terbesar kedua di dunia.

Target Indikator Kinerja	2020 (Realisasi)	2024 (Target)	2029 (Proyeksi)
Nilai Tukar Pembudidaya (NTPi)	101	105	> 110
Produksi Perikanan Budidaya	5,23 Juta Ton	6,37 Juta Ton	> 8 Juta Ton
PNBP Perikanan Budidaya	Rp 19,14 Miliar	Rp 23,77 Miliar	> Rp 30 Miliar
Keberterimaan Negara Ekspor	157 Negara	159 Negara	> 170 Negara

Sumber: Analisis tren data Renstra KKP 2020-2024 dan Draft Renstra 2025-2029.

3. Dampak Implementasi Terhadap Efisiensi dan Produktivitas

Penelitian dan evaluasi lapangan menunjukkan bahwa unit perbenihan yang menerapkan manajemen CPIB dan patuh pada SNI secara konsisten mengalami peningkatan kinerja usaha yang signifikan. Analisis regresi linear membuktikan bahwa peubah teknis, manajemen, keamanan pangan, dan lingkungan berpengaruh positif terhadap keuntungan UPI.

4. Peningkatan Sintasan dan Laju Pertumbuhan

Penerapan prinsip biosekuriti dan manajemen kualitas air yang baik mampu menekan tingkat kematian benih (mortalitas) hingga di bawah 10-20%. Benih yang dihasilkan memiliki daya tahan tubuh yang lebih baik terhadap stres lingkungan saat pengiriman, yang merupakan nilai tambah bagi pembeli di tingkat pembesaran.³ Konsistensi ukuran benih (keseragaman >90%) juga mempermudah pembudidaya dalam manajemen pemberian pakan dan penentuan waktu panen.

5. Efisiensi Penggunaan Input Produksi

Implementasi sertifikasi mutu mendorong UPI untuk lebih disiplin dalam mencatat penggunaan pakan dan energi. Efisiensi teknis dicapai melalui optimalisasi campuran input (pakan, air, listrik) untuk menghasilkan output benih yang maksimal. Penggunaan teknologi RAS misalnya, meskipun memerlukan investasi listrik lebih tinggi, mampu menghemat penggunaan air secara drastis dan mengurangi kebutuhan tenaga kerja manual untuk pembersihan kolam.

H. Implikasi Tata Kelola Masa Depan

Tata kelola Cara Perbenihan Ikan yang Baik (CPIB) dan kepatuhan terhadap Standar Nasional Indonesia (SNI) merupakan pilar fundamental yang menjaga keberlanjutan industri akuakultur Indonesia di tengah dinamika pasar global. Reformasi regulasi melalui Permen KP Nomor 21 Tahun 2024 telah menciptakan ekosistem perbenihan yang lebih adaptif, namun keberhasilannya sangat bergantung pada sinergi antara otoritas pusat, pemerintah daerah, dan pelaku usaha di lapangan.

Pemanfaatan teknologi digital seperti IoT dan sistem rekayasa lingkungan seperti RAS terbukti menjadi akselerator dalam pemenuhan standar mutu dan peningkatan efisiensi produksi. Namun, tantangan berupa biaya operasional yang tinggi dan rendahnya kompetensi administrasi di tingkat pembudidaya rakyat menuntut adanya intervensi afirmatif yang berkelanjutan dari pemerintah, baik melalui subsidi pakan mandiri, penyuluhan teknis yang masif, maupun penyederhanaan akses permodalan bagi unit usaha kecil yang telah tersertifikasi.

Memasuki periode 2025-2029, fokus nasional pada penguatan *broodstock center* dan pelestarian plasma nutfah endemik akan menjadi kunci bagi Indonesia untuk tidak hanya menjadi pemain besar dalam hal kuantitas, tetapi juga pemimpin dalam kualitas dan keberlanjutan ekologi. Dengan menjamin bahwa setiap butir benih ikan yang beredar diproduksi melalui proses yang aman dan terstandar, Indonesia tengah membangun kedaulatan pangan dan martabat ekonomi yang tangguh di kancah internasional.

Daftar Acuan

1. KEBIJAKAN PEMERINTAH DALAM PENERAPAN CBIB - PPID KKP, diakses April 12, 2026, https://ppid.kkp.go.id/media/uploads/document_information_public/Materi_1._Kebijakan_Pemerintah_dalam_Penerapan_CBIB_1.pdf
2. Penerapan Cara Perbenihan Ikan yang Baik dalam Meningkatkan Kinerja UMKM Perbenihan Udang di Kabupaten Barru, Provinsi Sulawesi - Journal IPB, diakses April 12, 2026, <https://journal.ipb.ac.id/index.php/jurnalmpi/article/download/17870/12102/0>
3. Cara Perbenihan Ikan Yang Baik (Cpib) | PDF | Bisnis | Teknologi & Rekayasa - Scribd, diakses April 12, 2026, <https://id.scribd.com/presentation/605418113/CARA-PERBENIHAN-IKAN-YANG-BAIK-CPIB>
4. Sni Cpib | PDF - Scribd, diakses April 12, 2026, <https://id.scribd.com/presentation/686017307/03-SNI-CPIB-1>
5. Peraturan Menteri Kelautan dan Perikanan Nomor 21 Tahun 2024 tentang Sistem Perbenihan Ikan Nasional, diakses April 12, 2026, <https://jdih.kkp.go.id/Homedev/DetailPeraturan/6694>
6. PERATURAN MENTERI KELAUTAN DAN PERIKANAN REPUBLIK INDONESIA NOMOR 21 TAHUN 2024 TENTANG SISTEM PERBENIHAN IKAN NASIONAL DENGAN R, diakses April 12, 2026, <https://peraturan.go.id/files/permenkkp-no-21-tahun-2024.pdf>
7. PERATURAN MENTERI KELAUTAN DAN PERIKANAN REPUBLIK INDONESIA NOMOR 35/PERMEN-KP/2016 TENTANG CARA PERBENIHAN IKAN YANG BAIK - PPID PROVINSI JAMBI, diakses April 12, 2026, <https://ppid.jambiprov.go.id/front/dokumen/download/300047791>
8. 9 Sertifikasi - PPID KKP, diakses April 12, 2026, https://ppid.kkp.go.id/media/uploads/document_information_public/2025.04.29.A._Handbook_Sertifikasi_Mutu_PIBCRqv.pdf

9. IKAN - PERBENIHAN- SISTEM 2024 PERMEN KP NO. 21, BN 2024/NO. 868, 19 HLM PERATURAN MENTERI KELAUTAN DAN PERIKANAN TENTANG SIST, diakses April 12, 2026, https://jdih.kkp.go.id/peraturan/-abstrak-permen-kp-21-2024_1761627987.pdf
10. RENCANA STRATEGIS TAHUN 2020-2024 - PPID KKP, diakses April 12, 2026, https://ppid.kkp.go.id/media/uploads/document_information_public/1._RENSTRA_REVISI_BANDUNG_2020-2024_OK_2.pdf
11. BKIPM - PPID KKP, diakses April 12, 2026, https://ppid.kkp.go.id/media/uploads/document_information_public/RENSTRA_BKIPM_2020-2024_REVISI_2023_2.pdf
12. SERTIFIKASI MUTU - PPID KKP, diakses April 12, 2026, https://ppid.kkp.go.id/media/uploads/document_regulation/Handbook_Sertifikasi_Mutu_compressed.pdf
13. SERTIFIKASI CARA PENANGANAN DAN PENGOLAHAN IKAN YANG BAIK (CPIB) DI SUPPLIER berdasarkan prinsip HACCP (KEPUTUSAN KEPALA BKIPM N - PPID KKP, diakses April 12, 2026, https://ppid.kkp.go.id/media/uploads/document_information_public/2._n._SOSIALISASI_CPIB_GORONTALO_PPN_Kwandang.pdf
14. (PDF) Pengendalian Mutu dan Kualitas Produk Perikanan - ResearchGate, diakses April 12, 2026, https://www.researchgate.net/publication/392103797_Pengendalian_Mutu_dan_Kualitas_Produk_Perikanan
15. Pembinaan Teknis untuk Persiapan Sertifikasi CPIB (Cara Perbenihan Ikan yang Baik) - DINAS PERIKANAN DAN KETAHANAN PANGAN KOTA DENPASAR, diakses April 12, 2026, <https://www.perikanan.denpasarkota.go.id/berita/pembinaan-teknis-untuk-persiapan-sertifikasi-cpib-cara-perbenihan-ikan-yang-baik>
16. Cara Perbenihan Ikan yang Baik (CPIB), diakses April 12, 2026, <https://cpib.pasolusi.com/>

17. Pontianak, 14 Mei 2025 Nomor Sifat Lampiran Perihal : : : 500.5.1/616 /DPPP.5/2025 Penting 1 (satu) berkas Permohonan - PPID KKP, diakses April 12, 2026, https://ppid.kkp.go.id/media/uploads/document_information_public/2.14_Permintaan_Narasumber.pdf
18. Pedoman CPIB untuk Perbenihan Ikan | PDF - Scribd, diakses April 12, 2026, <https://id.scribd.com/document/821467105/29-CPIB>
19. Panduan Sertifikasi CPIB dan CBIB | PDF - Scribd, diakses April 12, 2026, <https://id.scribd.com/document/584863398/c0af9dd0-2190-482f-b6c5-b35ebfbb4f6d>
20. KEPUTUSAN MENTERI KELAUTAN DAN PERIKANAN REPUBLIK INDONESIA NOMOR KEP. 02/MEN/2007 TENTANG CARA BUDIDAYA IKAN YANG BAIK MENTERI - Global Seaweed, diakses April 12, 2026, https://globalseaweed.org/wp-content/uploads/2019/02/KepMen_No_12_2007_Procedur_Fish_Cultivation.pdf
21. SNI Induk Ikan Air Tawar - Benih Ikan Nila, diakses April 12, 2026, <https://benihikannila.com/sni-induk-ikan-air-tawar/>
22. SNI : 01- 6484.4 - 2000 Produksi benih ikan lele dumbo (*Clarias gariepinus* x *C.fuscus*) kelas benih sebar, diakses April 12, 2026, <https://topan36.wordpress.com/wp-content/uploads/2008/12/produksi-ikan-lele-dumbo2.pdf>
23. Tantangan Menjaga Stabilitas Kualitas Produk Perikanan Budi daya Nasional - Mongabay, diakses April 12, 2026, <https://mongabay.co.id/2023/12/01/tantangan-menjaga-stabilitas-kualitas-produk-perikanan-budi-daya-nasional/>
24. PERATURAN MENTERI KELAUTAN DAN PERIKANAN ... - PPID KKP, diakses April 12, 2026, https://ppid.kkp.go.id/media/uploads/document_information_public/PermenKP_18_Tahun_2025_Renstra_KKP_2025-2029.pdf
25. 24kepka463 Revisi SNI 9043-11-2024 Pakan Ikan Nila | PDF - Scribd, diakses April 12, 2026, <https://id.scribd.com/document/873901151/24kepka463-Revisi-SNI-9043-11-2024-Pakan-Ikan-Nila>

26. Ensuring Fish Safety Through Sustainable Aquaculture Practices - MDPI, diakses April 12, 2026, <https://www.mdpi.com/2673-947X/5/4/51>
27. Penerapan Biosecurity Budidaya Ikan | PDF - Scribd, diakses April 12, 2026, <https://id.scribd.com/document/488355786/biosecurity-ajg-doc>
28. Penerapan Biosecurity dalam Budidaya Ikan | PDF | Sains & Matematika - Scribd, diakses April 12, 2026, <https://id.scribd.com/document/678668722/Materi-Biosecurity>
29. Penerapan Biosekuriti di Industri Akuakultur Halaman 1 - Kompasiana.com, diakses April 12, 2026, <https://www.kompasiana.com/romitisam/58fa0e142e7a61482df2d4ff/penerapan-biosekuriti-di-industri-akuakultur>
30. (PDF) Penerapan Biosekuriti di Industri Akuakultur - ResearchGate, diakses April 12, 2026, https://www.researchgate.net/publication/321059240_Penerapan_Biosekuriti_di_Industri_Akuakultur
31. Ini Tantangan Menjaga Mutu dan Keamanan Produk Hasil Perikanan Budi daya, diakses April 12, 2026, <https://mongabay.co.id/2021/04/01/ini-tantangan-menjaga-mutu-dan-keamanan-produk-hasil-perikanan-budi-daya/>
32. KEPUTUSAN KEPALA BADAN PENGENDALIAN DAN PENGAWASAN MUTU HASIL KELAUTAN DAN PERIKANAN NOMOR 59 TAHUN 20252020 HASIL KELAUTAN TENT - PPID KKP, diakses April 12, 2026, https://ppid.kkp.go.id/media/uploads/document_regulation/59_KEP_KEPALA_BPPMHKP_Tahun_2025_Petunjuk_Teknis_Penebitan_SMKHP.pdf
33. STANDAR OPERASIONAL PROSEDUR (SOP) PELAYANAN PERIZINAN BERUSAHA SEKTOR KELAUTAN DAN PERIKANAN (OSS RBA) DINAS PENANAMAN MODAL DA - dpmpstsp | Jombang, diakses April 12, 2026, <https://dpmpstsp.jombangkab.go.id/storage/dokumen/V19y2NsFY8MLE5rgwyU86b5YY3O4JbA0FFJQH3Ke.pdf>

34. Pahami Sertifikat Standar OSS RBA: Panduan Praktis untuk Pelaku Usaha, diakses April 12, 2026, <https://dpmpstp.sintang.go.id/informasi/berita/item/1350-pahami-sertifikat-standar-oss-rba-panduan-praktis-untuk-pelaku-usaha.html>
35. Semua Tentang Sertifikat Standar - OSS RBA - Infiniti Office, diakses April 12, 2026, <https://infiniti.id/blog/legal/pemenuhan-verifikasi-sertifikat-standar>
36. DIREKTORAT JENDERAL PERIKANAN BUDI DAYA - Cara Perbenihan Ikan yang Baik (CPIB), diakses April 12, 2026, https://cpib.pasolusi.com/web/assets/file/standar_pelayanan_public_lingkup_direktorat_perbenihan.pdf
37. Sertifikasi CPIB, diakses April 12, 2026, <https://dkpjateng.com/pelayanan/sertifikasi-cpib/>
38. KEPUTUSAN KEPALA BADAN PENGENDALIAN DAN PENGAWASAN MUTU HASIL KELAUTAN DAN PERIKANAN NOMOR 35 TAHUN 2025 TENTANG PETUNJUK TEKNIS - PPID KKP, diakses April 12, 2026, https://ppid.kkp.go.id/media/uploads/document_regulation/35_KEP_KEPALA_BPPMHKP_Tahun_2025_Juknis_Pengawasan_Mutu_Hasi_eBgp6xV.pdf
39. Lomba Sertifikasi CPIB Dorong Pembenih Ikan Terapkan Standar Mutu, diakses April 12, 2026, <https://diskan.kamparkab.go.id/artikel-detail/48/lomba-sertifikasi-cpib-dorong-pembenih-ikan-terapkan-standar-mutu>
40. BADAN PENGENDALIAN DAN PENGAWASAN MUTU HASIL KELAUTAN DAN PERIKANAN - PPID KKP, diakses April 12, 2026, https://ppid.kkp.go.id/media/uploads/document_information_public/Penetapan_Standar_Pelayanan_Tahun_2025_revisi1.pdf
41. Revisi SNI 2020-2023: Daftar dan Status | PDF - Scribd, diakses April 12, 2026, <https://id.scribd.com/document/722619750/Transisi-Sni-Revisi-s-d-Oktober-2023>

42. Sni 8036.1-2014-10 | PDF - Scribd, diakses April 12, 2026, <https://id.scribd.com/document/447026264/SNI-8036-1-2014-10>
43. Akuntabilitas Kinerja - KKP, diakses April 12, 2026, <https://www.kkp.go.id/storage/AkuntabilitasKinerja/3775/document-akuntabilitas-kinerja-68f194792e8d0LKj%20BBPBAT%20Sukabumi%20TW%20III%20Tahun%202025.pdf>
44. SNI 6140:2009 Benih Ikan Nila Hitam | PDF - Scribd, diakses April 12, 2026, <https://id.scribd.com/document/518729319/SNI-6140-2009>
45. SNI Benih Nila SNI 6140-2009 | PDF - Slideshare, diakses April 12, 2026, <https://www.slideshare.net/slideshow/sni-benih-nila-sni-61402009/15599751>
46. Sni Nila | PDF - Scribd, diakses April 12, 2026, <https://id.scribd.com/presentation/513207629/SNI-NILA>
47. SNI 6139:2009 Produksi Induk Ikan Nila | PDF | Griya & Taman - Scribd, diakses April 12, 2026, <https://id.scribd.com/document/534375433/SNI-6139-2009>
48. SNI : 01- 6484.1 - 2000 Induk ikan lele dumbo (*Clarias gariepinus* x *C.fuscus*) kelas induk pokok (Parent Stock), diakses April 12, 2026, <https://topan36.files.wordpress.com/2008/12/induk-ikan-lele-dumbo2.pdf>
49. SNI Perbenihan Lele | PDF - Scribd, diakses April 12, 2026, <https://id.scribd.com/document/394777827/SNI-Perbenihan-Lele>
50. SNI : 01- 6484.2 - 2000 Benih ikan lele dumbo (*Clarias gariepinus* x *C.fuscus*) kelas benih sebar, diakses April 12, 2026, <https://topan36.files.wordpress.com/2008/12/benih-ikan-lele-dumbo4.pdf>
51. Sni 8296.4-2016 | PDF - Scribd, diakses April 12, 2026, <https://id.scribd.com/document/345361191/24485-SNI-8296-4-2016>
52. SNI : 01- 6133 - 1999 Produksi Benih Ikan Mas (*Cyprinus carpio* Linnaeus) strain Majalaya kelas benih sebar, diakses April 12, 2026, <https://topan36.wordpress.com/wp-content/uploads/2008/12/produksi-benih-ikan-mas->

majalaya2.pdf

53. SNI : 01- 6132 - 1999 Benih Ikan Mas (*Cyprinus carpio* Linneaus) strain Majalaya kelas benih sebar, diakses April 12, 2026, <https://topan36.files.wordpress.com/2008/12/benih-ikan-mas-strain-majalaya2.pdf>
54. SNI Ikan Kerapu | PDF - Scribd, diakses April 12, 2026, <https://id.scribd.com/document/398246605/SNI-Ikan-Kerapu>
55. Teknik Pembesaran Ikan Kerapu Hibrida Cantang (*Epinephelus fuscoguttatus* × *Epinephelus lanceolatus*) pada Karamba Jaring Apung - Neliti, diakses April 12, 2026, <https://media.neliti.com/media/publications/322082-teknik-pembesaran-ikan-kerapu-hibrida-ca-2d063213.pdf>
56. PERFORMA LAJU PERTUMBUHAN DAN TINGKAT KELULUSAN HIDUP IKAN KERAPU CANTANG (*Epinephelus fuscoguttatus* x *Epinephelus lanceolatus*), diakses April 12, 2026, <https://jfmr.ub.ac.id/index.php/jfmr/article/download/1082/470/6558>
57. PERFORMA LAJU PERTUMBUHAN DAN TINGKAT KELULUSAN HIDUP IKAN KERAPU CANTANG (*Epinephelus fuscoguttatus* x *Epinephelus lanceolatus*), diakses April 12, 2026, <https://jfmr.ub.ac.id/index.php/jfmr/article/download/1082/470>
58. KKP Ungkap Pentingnya Teknologi untuk Mendongkrak Produksi Perikanan Budi Daya, diakses April 12, 2026, <https://kkp.go.id/news/news-detail/kkp-ungkap-pentingnya-teknologi-untuk-mendongkrak-produksi-perikanan-budi-daya-Ogxp.html>
59. PENERAPAN TEKNOLOGI RECIRCULATING AQUACULTURE SYSTEM (RAS) UNTUK PERBAIKAN KUALITAS LINGKUNGAN PADA BUDIDAYA IKAN NILA DI DESA S - Journal UNRAM, diakses April 12, 2026, <https://journal.unram.ac.id/index.php/jppi/article/download/128/66>
60. pengaruh penggunaan sistem resirkulasi akuakultur (ras) terhadap kualitas air dan produksi ikan - Jurnal Universitas Pahlawan Tuanku Tambusai, diakses April 12, 2026,

- <https://journal.universitaspahlawan.ac.id/index.php/jrpp/article/download/31258/21089>
61. budi daya ikan dengan metode ras dan bioflok - Tuxedovation, diakses April 12, 2026, https://tuxedovation.inovasi.litbang.kemendagri.go.id/detail_inovasi/161210
 62. Laporan Kinerja (LKj) Instansi Pemerintah Tahun 2023 - PPID KKP, diakses April 12, 2026, https://ppid.kkp.go.id/media/uploads/document_information_public/Laporan_Kinerja_Tahun_2024.pdf
 63. Internet of Things (IoT)-Based Water Quality Monitoring System Design for Tilapia Fish Farming Ponds - ResearchGate, diakses April 12, 2026, https://www.researchgate.net/publication/396578403_Internet_of_Things_IoT-Based_Water_Quality_Monitoring_System_Design_for_Tilapia_Fish_Farming_Ponds
 64. Pengembangan Sistem Monitoring Kualitas Air dan Kendali Pakan Otomatis untuk Budidaya Ikan Berbasis Internet of Things | Jurnal Indonesia : Manajemen Informatika dan Komunikasi, diakses April 12, 2026, <https://journal.stmiki.ac.id/index.php/jimik/article/view/1605>
 65. Rancang Bangun Sistem Monitoring Cerdas, Efisien Dan Ramah Lingkungan (Si Moncer) Untuk Budidaya Ikan (Kelompok Pembudidaya Ikan Green Aquatic) | Kusdarmawan - JURNAL ILMIAH KELAUTAN DAN PERIKANAN, diakses April 12, 2026, <https://ejournal-balitbang.kkp.go.id/index.php/jkn/article/view/14721>
 66. Monitoring Kualitas Air Kolam Ikan Lele Berbasis IoT | Jurnal Inovasi Teknologi Terapan, diakses April 12, 2026, <https://jitt.polman-babel.ac.id/index.php/jitt/article/view/312>
 67. Pengembangan Teknologi IoT Sebagai Pemantau Kualitas Air Budidaya Ikan di Desa Lubuk Kasih, Berandan barat, Kabupaten Langkat, S - Universitas Sumatera Utara, diakses April 12, 2026, <https://talentaconfseries.usu.ac.id/lwsa/article/download/2453/2035>

68. rencana strategis badan pengendalian dan pengawasan mutu hasil kelautan dan perikanan tahun 2025-2029 - PPID KKP, diakses April 12, 2026, https://ppid.kkp.go.id/media/uploads/document_information_public/RENSTRA_DAN_RENJA_BPPMHKP_SEMARANG_TA_2025_compressed.pdf
69. Kinerja KKP 2024, "Lupakan" Nasib Nelayan dan Pembudidaya Ikan, diakses April 12, 2026, <https://suhana.web.id/2025/01/20/kinerja-kkp-2024-lupakan-nasib-nelayan/>
70. Nasib Pembudidaya Ikan 2025: Biaya Naik, Untung Menipis? - Literasi Ekonomi Kelautan, diakses April 12, 2026, <https://suhana.web.id/2026/01/06/nasib-pembudidaya-ikan-2025-biaya-naik-untung-menipis/>
71. laporan kegiatan koordinasi pelaksanaan sertifikasi cpib dan cbib ke - PPID KKP, diakses April 12, 2026, https://ppid.kkp.go.id/media/uploads/document_information_public/LAPORAN_CBIB_CPIB.pdf
72. Peluang dan Tantangan Industri Pengolahan Ikan Tilapia dalam Mendukung Indonesia Emas 2045, diakses April 12, 2026, <https://regalsprings.co.id/artikel/peluang-dan-tantangan-industri-pengolahan-ikan-tilapia-dalam-mendukung-indonesia-emas-2045/>
73. Mekanisme Sertifikasi Cara Perbenihan Ikan yang Baik (CPIB) - PPID KKP, diakses April 12, 2026, https://ppid.kkp.go.id/media/uploads/document_information_public/8._Mekanisme_Sertifikasi_Cara_Perbenihan_Ikan_yang_Baik_CPIB.pdf
74. RENCANA STRATEGIS BALAI BESAR KARANTINA HEWAN, IKAN DAN TUMBUHAN SULAWESI SELATAN TAHUN 2024, diakses April 12, 2026, <https://ppid.karantinaindonesia.go.id/doc/21/RENSTRA%20BBKHIT%20SULSEL%202024-FIX-CMR.pdf>
75. DIREKTORAT JENDERAL PERIKANAN BUDI DAYA KEMENTERIAN KELAUTAN DAN PERIKANAN - PPID KKP, diakses April 12, 2026,

- https://ppid.kkp.go.id/media/uploads/document_information_public/02._DRAFT_RENSTRAPB_2025-2029.pdf
76. Rencana Strategis BPBAT Tatelu Tahun 2025-2029 - PPID KKP, diakses April 12, 2026, https://ppid.kkp.go.id/media/uploads/document_information_public/2._Rencana_Strategis_BPBAT_Tatelu_Tahun_2025-2029.pdf
77. TAHUN 2025 - PPID KKP, diakses April 12, 2026, https://ppid.kkp.go.id/media/uploads/document_information_public/RENSTRAPB_2025-2029_GFqdT2k.pdf
78. Sertifikasi CPIB Jadi Senjata Bersaing di Pasar Global - Login - Indonesia Baik, diakses April 12, 2026, <https://infopublik.id/kategori/nasional-ekonomi-bisnis/791558/sertifikasi-cpib-jadi-senjata-bersaing-di-pasar-global>
79. DAMPAK SERTIFIKASI CBIB TERHADAP EFISIENSI TEKNIS BUDIDAYA TAMBAK UDANG VANNAMEI Impacts of Indogap certification on Technical, diakses April 12, 2026, <https://ejournal-balitbang.kkp.go.id/index.php/sosek/article/viewFile/9775/733>

BAB 13

EVALUASI DAN TREN TEKNOLOGI PERBENIHAN IKAN



Gambar. 13.1. Infografis Evaluasi dan Tren Teknologi Perbenihan Ikan

Sektor perbenihan atau hatchery merupakan pilar fundamental dalam industri perikanan dan perunggasan global yang menentukan keberlanjutan rantai pasok protein hewani dunia. Dalam periode 2020 hingga 2026, industri ini mengalami transformasi struktural yang didorong oleh kebutuhan mendesak akan efisiensi produksi, biosekuriti yang lebih ketat, dan tuntutan keberlanjutan lingkungan. Evaluasi kinerja hatchery tidak lagi hanya bertumpu pada indikator produksi sederhana, melainkan telah berkembang menjadi analisis multidimensi yang mengintegrasikan parameter genetik, fisiologi embrionik, manajemen lingkungan presisi, dan implementasi kecerdasan buatan. Seiring dengan proyeksi peningkatan produksi akuakultur sebesar 75% pada tahun 2040 di bawah inisiatif Transformasi Biru, peran hatchery menjadi semakin krusial dalam menyediakan benih berkualitas tinggi yang mampu bertahan menghadapi tantangan perubahan iklim dan patogen baru.

A. Parameter Biologis dan Evaluasi Genetik

Evaluasi kinerja penetasan di tingkat hatchery modern melibatkan analisis mendalam terhadap lima trait atau sifat utama yang mencerminkan efisiensi transformasi biologis dari telur menjadi individu yang sehat. Parameter tersebut mencakup Viable Egg Rate (VER), Fertilization Rate (FR), Hatchability of Eggs Set (HES), Hatchability of Fertile Eggs (HFE), dan Chick Hatching Weight (CHW). Pemahaman tentang mekanisme genetik di balik parameter ini sangat penting untuk mencapai pemuliaan presisi dan meningkatkan profitabilitas operasional.

1. Analisis Heritabilitas dan Arsitektur Genetik

Penelitian sistematis pada tahun 2026 menggunakan resequencing seluruh genom telah mengungkapkan bahwa setiap parameter penetasan memiliki tingkat heritabilitas (h^2) yang sangat berbeda, yang menentukan strategi perbaikan genetik yang paling efektif. Chick Hatching Weight (CHW) menunjukkan heritabilitas tertinggi pada angka 0,40, yang dikategorikan sebagai moderat hingga tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa bobot benih saat menetas sangat dipengaruhi oleh faktor genetik induk, sehingga seleksi langsung dapat memberikan kemajuan genetik yang cepat. Sebaliknya, parameter seperti Fertilization Rate (FR) dan Hatchability (HES dan HFE) menunjukkan heritabilitas yang sangat rendah, masing-masing pada kisaran 0,07 dan 0,01 hingga 0,02.

Rendahnya heritabilitas pada daya tetas mengindikasikan bahwa variasi dalam keberhasilan penetasan sebagian besar ditentukan oleh faktor lingkungan dan manajemen teknis di dalam hatchery, bukan oleh variasi genetik semata. Namun demikian, analisis korelasi genetik (r_g) menunjukkan adanya hubungan positif yang sangat kuat antara HES dan HFE ($r_g = 0,98$), serta korelasi moderat hingga kuat antara daya tetas dengan fertilitas. Salah satu temuan penting adalah adanya korelasi negatif antara bobot tetas dengan daya tetas, di mana peningkatan bobot individu yang berlebihan dapat meningkatkan tuntutan energi embrionik dan risiko

kematian selama proses penetasan.

Parameter Penetasan	Nilai Heritabilitas (h2)	Klasifikasi Heritabilitas	Strategi Peningkatan
Chick Hatching Weight (CHW)	0,40	Moderat - Tinggi	Seleksi Genetik Langsung
Viable Egg Rate (VER)	0,27	Moderat	Seleksi Genetik & Nutrisi Induk
Fertilization Rate (FR)	0,07	Rendah	Manajemen Pejantan & Lingkungan
Hatchability of Eggs Set (HES)	0,02	Sangat Rendah	Optimasi Teknologi Inkubasi
Hatchability of Fertile Eggs (HFE)	0,01	Sangat Rendah	Kontrol Lingkungan Presisi

Studi Genome-Wide Association Study (GWAS) terbaru telah mengidentifikasi 44 SNP signifikan dan 1.146 gen kandidat yang terkait dengan performa penetasan. Salah satu temuan paling menonjol adalah identifikasi lokus *ATP5G3* sebagai gen efek utama untuk VER, yang berkontribusi sebesar 9,12% terhadap varians fenotipik. Gen ini terlibat dalam produksi ATP mitokondria, yang secara langsung mempengaruhi kualitas oosit dan viabilitas telur sebelum inkubasi. Selain itu, keluarga gen *AvBD* (Avian Beta-Defensin) ditemukan berhubungan erat dengan respon imun embrio terhadap bakteri, menyiratkan bahwa kinerja penetasan tidak hanya masalah pertumbuhan, tetapi juga ketahanan biologis terhadap infeksi selama masa inkubasi.

2. Pengaruh Genotipe terhadap Produktivitas Hatchery

Keragaman genetik di antara berbagai genotipe ayam atau spesies ikan memiliki dampak substansial terhadap seluruh spektrum kinerja hatchery. Sebagai contoh, perbandingan antara genotipe komersial dengan breed lokal menunjukkan perbedaan signifikan dalam produksi telur, fertilitas, dan mortalitas embrionik. Sementara daya tetas breed komersial yang diseleksi secara ketat dapat mencapai 97,3%, breed lokal seringkali tertahan pada angka sekitar 80% dengan tingkat kematian embrionik dini yang menonjol. Hal ini menekankan perlunya integrasi teknologi seleksi genomik untuk menjembatani kesenjangan efisiensi antara stok lokal yang adaptif dengan stok komersial yang produktif.

B. Manajemen Fisiologi Embrionik dan Kontrol Lingkungan Inkubasi

Inkubasi merupakan fase yang sangat sensitif di mana variabel lingkungan yang dikelola secara tidak tepat dapat menyebabkan kegagalan biologis total. Suhu diidentifikasi sebagai faktor penentu utama bagi perkembangan embrio, daya tetas, dan performa individu setelah menetas.

1. Dinamika Termal dan Heat Metabolik

Selama periode inkubasi, kebutuhan termal embrio berubah secara drastis seiring dengan perkembangan fisiologisnya. Embrio bersifat poikilotermik selama 18 hari pertama, yang berarti mereka sangat bergantung pada suhu ambien untuk mendorong proses metabolisme. Rentang suhu optimal yang mapan pada periode 2024-2026 adalah 37,5°C hingga 37,8°C selama hari ke-1 hingga hari ke-18. Namun, memasuki fase akhir (hari ke-19 hingga menetas), metabolisme embrio yang aktif mulai menghasilkan panas metabolik yang signifikan.

Untuk mengompensasi panas internal ini dan mencegah stres panas yang dapat mematikan embrio, suhu mesin tetas harus diturunkan ke rentang 36,1°C hingga 37,2°C. Kegagalan dalam menyesuaikan suhu ini dapat memperpendek jendela

penetasan (hatching window), menyebabkan dehidrasi pada benih, dan menurunkan kualitas pusar (navel) yang merupakan indikator kesehatan utama. Suhu kulit telur (egg shell temperature) kini dianggap sebagai metrik yang lebih valid dibandingkan suhu udara karena mencerminkan kondisi termal nyata yang dialami embrio di dalam cangkang.

2. Metrik Penilaian Kualitas Benih (Chick/Fry Quality)

Kualitas individu yang dihasilkan oleh hatchery dievaluasi melalui dua pendekatan utama: kualitatif dan kuantitatif. Penilaian kualitatif mengandalkan skor subjektif namun terstandardisasi seperti Tona Score dan Pasgar Score. Kriteria yang dievaluasi mencakup kejernihan mata, responsivitas terhadap lingkungan, penutupan pusar yang sempurna, serta ketiadaan deformitas pada paruh atau kaki. Benih yang berkualitas tinggi harus menunjukkan otot yang kencang, kondisi tubuh yang kuat, dan tidak menunjukkan tanda-tanda gangguan pernapasan.

Penilaian kuantitatif melibatkan pengukuran morfometrik seperti bobot badan hari pertama dan panjang tubuh. Meskipun bobot tetas sering digunakan sebagai indikator awal, analisis industri terbaru menunjukkan bahwa panjang benih terkadang memberikan prediksi yang lebih akurat terhadap performa pertumbuhan jangka panjang dibandingkan bobot semata.⁴ Integrasi kedua metode penilaian ini sangat penting untuk memastikan bahwa individu yang dikirim dari hatchery memiliki daya tahan yang cukup untuk menghadapi fase pembesaran yang lebih keras.

Kriteria Kualitas	Parameter Evaluasi	Indikator Keberhasilan
Refleks & Respons	Alertness, Swimming/Walking Pattern	Cepat merespon stimulasi, gerakan lincah
Integritas Fisik	Navel closure, Beak/Wing condition	Pusar tertutup bersih, tidak ada bercak darah
Morfometri	Body Weight, Total Length	Konsistensi ukuran dalam satu batch
Kesehatan Organ	Yolk sac absorption	Kuning telur terserap minimal 90% saat menetas

C. Inovasi Teknologi Pemuliaan dan Genetika Molekuler

Memasuki pertengahan dekade 2020-an, teknologi perbenihan telah bergeser dari metode seleksi tradisional menuju manipulasi genomik yang lebih presisi. Inovasi ini bertujuan untuk memecahkan hambatan biologis yang selama ini membatasi efisiensi produksi benih.

1. Seleksi Genomik pada Krustasea dan Ikan

Penerapan seleksi genomik pada udang vaname (*P. vannamei*) merupakan salah satu terobosan paling signifikan dalam teknologi hatchery akuakultur. Dengan menggunakan SNP chip yang mencakup seluruh posisi di sepanjang genom udang, perusahaan pemuliaan dapat memprediksi nilai pemuliaan genomik (Genomic Breeding Values) untuk sifat ketahanan penyakit tanpa harus memaparkan induk terhadap patogen secara langsung.

Sebagai contoh, seleksi genomik untuk ketahanan terhadap White Spot Syndrome Virus (WSSV) telah menunjukkan hasil komersial yang impresif. Tingkat kelangsungan hidup rata-rata populasi udang meningkat dari 38% menjadi 51% hanya dalam satu generasi seleksi. Pada

keluarga udang terbaik yang diseleksi secara genomik, tingkat kelangsungan hidup terhadap tantangan WSSV dapat mencapai lebih dari 80%, memberikan efek kekebalan kelompok (herd effect) yang secara drastis mengurangi penyebaran penyakit di tambak pembesaran. Keunggulan utama metode ini adalah kemampuannya untuk mengidentifikasi kombinasi genetik yang menguntungkan yang tidak terlihat melalui pengamatan fenotipik biasa.

2. Komersialisasi Penyuntingan Genom (Genome Editing)

Tahun 2025 menandai era baru dengan dimulainya komersialisasi ikan hasil penyuntingan genom pada skala industri. Salah satu pencapaian utama adalah pengenalan tilapia yang disunting genomnya di Brasil, yang dikembangkan untuk mempercepat seleksi sifat-sifat yang diinginkan seperti laju pertumbuhan dan efisiensi pakan. Teknologi ini melampaui keterbatasan pemuliaan tradisional yang membutuhkan waktu beberapa generasi untuk menstabilkan suatu sifat.

Selain itu, teknologi sterilitas berbasis genomik seperti Sterility+® dan teknologi Morpholino telah menjadi solusi krusial bagi spesies dengan siklus pembiakan panjang seperti salmonid. Sterilitas benih yang dihasilkan oleh hatchery memberikan manfaat ganda: pertama, mencegah pelarian genetik ke alam liar yang dapat merusak ekosistem lokal; kedua, meningkatkan nilai ekonomi karena energi yang biasanya digunakan untuk perkembangan gonad dialihkan sepenuhnya ke pertumbuhan daging (muscle growth). Hal ini memungkinkan hatchery menghasilkan benih yang secara biologis "terprogram" untuk efisiensi maksimum.

D. Implementasi Kecerdasan Buatan (AI) dan Digitalisasi Hatchery

Transformasi digital dalam hatchery bukan lagi sekadar otomatisasi alat, melainkan integrasi sistem kecerdasan buatan (AI) ke dalam inti operasional. AI bertindak sebagai "otak" yang memproses data masif dari berbagai sensor untuk pengambilan keputusan real-time.

1. Monitoring Kualitas Air Berbasis AI

Di hatchery akuakultur, stabilitas parameter kualitas air adalah hidup dan mati bagi larva. Sistem AI modern menggunakan sensor IoT untuk memantau suhu, oksigen terlarut (DO), pH, dan amonia secara kontinu. Model prediktif seperti Neural Networks (NARNET) dan Long Short-Term Memory (LSTM) digunakan untuk menganalisis data historis dan pola cuaca guna meramalkan perubahan kualitas air di masa depan.

Kemampuan prediktif ini memungkinkan sistem untuk memberikan peringatan dini (*early warning*) atau melakukan tindakan koreksi otomatis, seperti meningkatkan aerasi atau menyesuaikan debit air, sebelum parameter lingkungan mencapai ambang batas kritis yang dapat menyebabkan kematian massal. Hal ini sangat krusial bagi hatchery intensif di mana fluktuasi sedikit saja pada kadar amonia dapat memusnahkan seluruh batch larva dalam hitungan jam.

2. Computer Vision untuk Penghitungan dan Deteksi Penyakit

Penghitungan benih secara manual merupakan proses yang lambat, padat karya, dan menyebabkan stres fisik yang tinggi pada hewan. Teknologi *Computer Vision* berbasis *Deep Learning* seperti YOLOv5 (*You Only Look Once*) telah dikembangkan untuk mengotomatisasi proses ini dengan akurasi yang melampaui manusia. Algoritma ini mampu mendeteksi dan menghitung ribuan larva atau benur yang bergerak cepat dalam aliran air, bahkan ketika mereka saling bertumpukan (*overlapping*).

Sistem seperti *Fordy Fish Counter* menggunakan kamera beresolusi tinggi dengan sistem pencahayaan LED adaptif untuk menangkap gambar benih dalam kondisi air yang keruh atau berbusa. Dengan akurasi mencapai 98-99%, teknologi ini memungkinkan hatchery untuk memberikan estimasi jumlah stok yang presisi kepada pembeli, yang merupakan aspek krusial dalam manajemen logistik dan keuangan. Selain penghitungan, AI juga digunakan untuk mendeteksi tanda-tanda klinis penyakit seperti lesi kulit atau pola renang yang

tidak normal melalui kamera bawah air, memungkinkan isolasi dini terhadap kelompok benih yang terinfeksi.

Aplikasi AI	Teknologi yang Digunakan	Parameter yang Diukur	Keunggulan Utama
Monitoring Air	LSTM, SVM, K-NN	Suhu, DO, pH, NH ₃	Prediksi anomali & aksi otomatis
Penghitungan Benih	CNN, YOLOv5, Mask R-CNN	Jumlah individu, ukuran	Akurasi >98%, nol stres pada ikan
Manajemen Pakan	Deep Reinforcement Learning	Perilaku makan, sisa pakan	Efisiensi biaya 40-50%
Identifikasi Seks	Boruta & Random Forest	Morfologi eksternal	Non-invasif, akurasi tinggi

E. Sistem Produksi Intensif: RAS dan Bioflok dalam Perbenihan

Peralihan dari sistem kolam terbuka ke sistem terkontrol merupakan tren utama untuk meminimalkan dampak lingkungan dan meningkatkan biosekuriti. Recirculating Aquaculture Systems (RAS) dan Biofloc Technology (BFT) adalah dua pemimpin dalam inovasi ini.

1. Ekonomi dan Operasional RAS

Pasar akuakultur berbasis RAS diproyeksikan tumbuh secara masif, mencapai nilai \$349,4 miliar pada tahun 2026. RAS menawarkan kontrol mutlak atas kualitas air melalui sistem filtrasi mekanis dan biologis yang canggih, memungkinkan produksi benih dilakukan di daratan jauh dari sumber air alami. Hal ini mengurangi risiko penularan penyakit dari air liar dan meminimalkan penggunaan air tawar hingga 90% dibandingkan sistem konvensional.

Namun, dari sisi operasional, RAS membutuhkan investasi modal dan biaya berjalan yang sangat tinggi. Analisis biaya pada tahun 2026 menunjukkan bahwa pengeluaran bulanan rata-rata untuk hatchery RAS skala besar mencapai sekitar \$196.655. Biaya pakan dan listrik untuk mengoperasikan pompa serta sistem aerasi menyumbang porsi terbesar, masing-masing sekitar 80% dan 70% dari total pendapatan pada tahun pertama operasional. Oleh karena itu, kunci profitabilitas hatchery RAS terletak pada kemampuan manajer operasional untuk menurunkan rasio konversi pakan (FCR) dan mengoptimalkan penggunaan energi. Kegagalan daya listrik tanpa cadangan yang memadai diidentifikasi sebagai risiko operasional tunggal terbesar yang dapat menyebabkan kehilangan seluruh aset biologis dalam hitungan menit.¹²

2. Teknologi Bioflok (BFT) dan Keberlanjutan

Biofloc Technology (BFT) menawarkan pendekatan yang lebih murah dan ekologis dalam manajemen kualitas air dengan memanfaatkan mikroorganisme heterotrof untuk mendaur ulang limbah nitrogen menjadi biomassa protein. Di hatchery, BFT tidak hanya berfungsi sebagai sistem pembersihan air tetapi juga sebagai penyedia nutrisi tambahan bagi larva.

Penerapan BFT telah terbukti meningkatkan *survival rate* benih secara signifikan. Mikroorganisme yang membentuk flok bertindak sebagai probiotik alami yang membantu mengontrol kualitas air dengan fluktuasi pH dan amonia yang minimal. Penelitian di Indonesia pada periode 2023-2025 menunjukkan bahwa penggunaan BFT pada perbenihan ikan gurami dan lele memungkinkan kepadatan tebar yang jauh lebih tinggi tanpa meningkatkan tingkat stres atau kematian pada ikan. Keunggulan ini menjadikan BFT solusi ideal bagi produsen benih di wilayah dengan keterbatasan lahan atau akses air yang terbatas.

F. Nutrisi Masa Depan dan Manajemen Kesehatan Berbasis Mikrobioma

Manajemen kesehatan di hatchery telah bergeser dari penggunaan antibiotik preventif menuju penguatan sistem imun benih melalui manipulasi mikrobioma dan nutrisi fungsional.

1. Penggunaan Probiotik dan Sinbiotik

Probiotik generasi terbaru seperti *Bifidobacterium*, *Lactobacillus sp.*, dan jamur *Saccharomyces cerevisiae* kini diaplikasikan secara luas melalui metode pelapisan pakan (coating) atau penambahan langsung ke media air.¹⁶ Probiotik ini bekerja dengan cara berkompetisi dengan bakteri patogen, meningkatkan pencernaan pakan, dan merangsang produksi imunoglobulin pada benih yang belum memiliki sistem imun sempurna.

Sinbiotik, yang merupakan kombinasi seimbang antara probiotik dan prebiotik (seperti tepung ubi jalar sebagai sumber karbon), telah menunjukkan efektivitas luar biasa dalam manajemen kualitas air. Di hatchery ikan nila, pemberian sinbiotik dengan dosis optimal (misalnya 1% probiotik EM4 dan 2% prebiotik ubi jalar) terbukti mampu mempercepat siklus nitrogen, mengubah amonia dan nitrit yang toksik menjadi nitrat yang lebih aman secara cepat. Selain itu, sinbiotik memicu pertumbuhan komunitas plankton yang masif, yang bertindak sebagai biofilter alami sekaligus sumber pakan alami bagi larva.

Jenis Intervensi	Komponen Utama	Mekanisme Aksi		Dampak Utama		
Probiotik	<i>Lactobacillus</i> , <i>Bacillus</i>	Eksklusi patogen	kompetitif	Peningkatan (SR) >90%	sintasan	
Prebiotik	Oligosakarida, Tepung Ubi Jalar	Media bakteri baik	tumbuh	Stabilitas kualitas air		
Sinbiotik	Probiotik + Prebiotik	Sinergi mikroba	metabolisme	Efisiensi pertumbuhan cepat	FCR	&

G. Dekopling Bahan Baku Pakan dari Sumber Laut

Tren teknologi pakan masa depan fokus pada pengurangan ketergantungan terhadap tepung ikan (fishmeal) yang harganya terus meningkat dan ketersediaannya terbatas secara biologis. Proyeksi tahun 2050 menunjukkan penurunan pangsa tepung ikan dalam pakan akuakultur menjadi hanya 7-8%. Hatchery mulai menguji penggunaan protein alternatif seperti protein serangga (insect meal), alga, dan hasil samping industri pertanian untuk pakan awal larva. Hal ini tidak hanya meningkatkan keberlanjutan sektor perbenihan tetapi juga memastikan ketahanan pangan dengan melepaskan ketergantungan dari bahan baku yang bersaing dengan konsumsi manusia.

H. Ekonomi Sirkular dan Jejak Karbon dalam Operasional Hatchery

Hatchery modern tidak lagi hanya dievaluasi berdasarkan output benih, tetapi juga berdasarkan efisiensi sumber daya dan dampak lingkungannya. Konsep ekonomi sirkular mulai diterapkan untuk mengubah limbah hatchery menjadi produk bernilai tambah.

I. Valorisasi Limbah dan Pemulihan Nutrisi

Limbah efluen dari hatchery intensif kaya akan senyawa nitrogen dan fosfor yang dapat menyebabkan eutrofikasi jika dibuang langsung ke alam. Di bawah model ekonomi sirkular, limbah ini kini dipandang sebagai bahan baku. Lumpur dari sistem filtrasi RAS atau bioflok dapat diproses menjadi biofertilizer untuk pertanian atau digunakan sebagai substrat untuk budidaya cacing tanah dan alga.

Selain itu, limbah cangkang dari penetasan krustasea mulai diekstraksi untuk menghasilkan kitin yang kemudian dikonversi menjadi bioplastik biodegradable. Pendekatan ini membantu hatchery mengurangi biaya pengelolaan limbah sekaligus menciptakan aliran pendapatan baru. Kebijakan pemerintah di berbagai negara mulai mendorong dekarbonisasi operasional hatchery melalui penggunaan energi terbarukan. Penelitian menunjukkan bahwa penggunaan listrik dari tenaga angin atau

surya dapat mengurangi emisi gas rumah kaca hatchery hingga sepuluh kali lipat, terutama pada sistem RAS yang sangat haus energi.

J. Lanskap Industri Perbenihan di Indonesia

Indonesia memegang posisi strategis sebagai salah satu produsen perikanan budidaya terbesar di dunia. Namun, industri perbenihan nasional menghadapi dinamika yang kompleks akibat fluktuasi harga pasar global dan tantangan penyakit.

1. Outlook Industri Udang 2026

Industri udang Indonesia diproyeksikan mencapai titik balik (turning point) pada tahun 2026 setelah menghadapi tantangan berat selama periode 2023-2025. Penurunan harga udang global pada akhir tahun 2023 akibat melimpahnya pasokan dari Ekuador dan India sempat menekan profitabilitas hatchery lokal. Untuk mengembalikan daya saing, industri hatchery nasional harus beralih dari sekadar mengejar volume produksi menjadi fokus pada kualitas benur (post-larvae) yang memiliki ketahanan tinggi terhadap penyakit.

Penyakit tetap menjadi hambatan utama, dengan penyakit seperti WSSV dan EHP yang menyebabkan biaya produksi benur membengkak. Strategi yang diadopsi adalah penguatan teknologi SPF (Specific Pathogen Free). Pendirian Broodstock Multiplication Centers (BMC) di dalam negeri, seperti PT Kona Bay Indonesia, menjadi kunci untuk mengurangi ketergantungan pada impor induk dan menekan biaya logistik. BMC memungkinkan ketersediaan induk berkualitas tinggi secara kontinu yang sudah teraklimatisasi dengan kondisi lingkungan lokal.

2. Adopsi Teknologi Digital di Indonesia

Indonesia sedang memasuki fase di mana AI dan IoT menjadi infrastruktur inti bagi perusahaan hatchery besar, bukan lagi sekadar proyek pilot. Fokus strategis telah bergeser ke arah platform analitik AI-driven dan dasbor operasional terpusat yang memungkinkan pemantauan jarak jauh terhadap ribuan tangki di berbagai lokasi. Meskipun investasi awal untuk

perangkat keras seperti sensor dan kamera otomatis cukup tinggi, keuntungan jangka panjang dalam hal pengurangan biaya pakan dan minimalisasi risiko kematian massal menjadikannya investasi yang layak bagi pelaku usaha besar.

Di tingkat pembudidaya rakyat, program pemerintah dan institusi pendidikan seperti IPB University telah mempercepat transfer teknologi perbenihan terkontrol untuk komoditas seperti lele dan nila. Penggunaan hormon untuk pemijahan buatan dan aplikasi probiotik lokal telah membantu peternak mandiri meningkatkan efisiensi penetasan mereka, mengurangi ketergantungan pada tangkapan benih alam yang tidak berkelanjutan.

K. Perbenihan Ikan Masa Depan Masa Depan

Evaluasi kinerja hatchery di masa depan akan didominasi oleh metrik yang bersifat integratif, yang menggabungkan efisiensi biologis dengan keberlanjutan ekonomi dan lingkungan. Masa depan teknologi perbenihan tidak hanya tentang memproduksi lebih banyak benih, tetapi tentang memproduksi benih yang "pintar" (smart seeds) yang secara genetik diprogram untuk pertumbuhan optimal dalam kondisi lingkungan yang berubah-ubah.

Beberapa poin strategis yang akan menentukan arah industri hingga tahun 2030 meliputi:

1. **Presisi Genomik dan Penyuntingan Gen:** Pemanfaatan marker-assisted selection dan genome editing akan menjadi standar untuk mengatasi penyakit kronis dan menciptakan varietas yang steril untuk alasan ekologis dan ekonomis.
2. **Otonomisasi melalui AIoT:** Hatchery akan semakin bergerak menuju operasi otonom di mana AI tidak hanya memantau tetapi juga mengambil tindakan korektif tanpa intervensi manusia, didukung oleh sistem kepatuhan digital otomatis seperti Smarter Compliance dari DNV.
3. **Ekonomi Sirkular yang Mandiri:** Integrasi sistem penanganan limbah yang menghasilkan produk sampingan bernilai tinggi akan menjadi syarat utama bagi keberlanjutan finansial

hatchery skala besar di tengah kenaikan harga bahan baku dan energi.

4. **Standarisasi Kualitas Global:** Tuntutan pasar internasional akan ketertelusuran (traceability) menggunakan teknologi blockchain akan memaksa hatchery untuk mencatat setiap data dari fase telur hingga pengiriman benih secara transparan.

Industri perbenihan yang mampu mengadopsi transformasi ini akan memiliki keunggulan kompetitif yang signifikan dalam menghadapi ketidakpastian iklim dan dinamika pasar global, sekaligus memastikan ketahanan pangan bagi populasi dunia yang terus bertumbuh. Terakhir, penguatan kolaborasi antara lembaga riset, pemerintah, dan sektor swasta sangat diperlukan untuk memastikan bahwa teknologi canggih ini dapat diakses secara lebih luas, termasuk oleh para pembenih skala kecil di negara berkembang seperti Indonesia.

Daftar Acuan

1. Technology Trends Driving the Future of Aquaculture - International Aquafeed, accessed April 12, 2026, <https://www.aquafeed.co.uk/technology-trends-driving-the-future-of-aquaculture/>
2. Top 10 Aquaculture Trends in 2025 | StartUs Insights, accessed April 12, 2026, <https://www.startus-insights.com/innovators-guide/emerging-aquaculture-trends/>
3. Estimation of genetic parameters for hatching ... - Frontiers, accessed April 12, 2026, <https://www.frontiersin.org/journals/veterinary-science/articles/10.3389/fvets.2026.1762660/full>
4. Evaluation of Egg Production, Fertility, Hatchability, Embryonic Mortality and Chick Quality of Different Chickens - Science Publishing Group, accessed April 12, 2026, <https://www.sciencepublishinggroup.com/article/10.11648/j.ijas.t.20240803.14>
5. Effect of incubation temperature on hatchability, chick quality and post-hatch performance - Review - ANIMAL SCIENCE AND GENETICS, accessed April 12, 2026, <https://zootechnical.com/article/552705/en>
6. Benchmark Genetics uses DNA tools to produce resistant shrimp, accessed April 12, 2026, <https://www.bmkgenetics.com/benchmark-genetics-uses-dna-tools-to-produce-resistant-shrimp/>
7. Reflecting on 2025: Milestones Achieved, Innovation Accelerated, accessed April 12, 2026, <https://aquatechcenter.com/news/reflecting-on-2025-milestones-achieved-innovation-accelerated/>
8. AI- Driven Innovations in Aquaculture, accessed April 12, 2026, <https://aquaculturemag.com/2025/12/29/ai-driven-innovations-in-aquaculture/>
9. A Systematic Review on Computer Vision-Based Shrimp Larvae Detection and Counting, accessed April 12, 2026, https://www.researchgate.net/publication/395263328_A_Systematic_Review_on_Computer_Vision-

- based_Shrimp_Larvae_Detection_and_Counting
10. AI-Powered Fish Counters: How Deep Learning Is Transforming Fingerling Counting in Aquaculture, accessed April 12, 2026, <https://iaerator.com/ai-powered-fish-counters-how-deep-learning-is-transforming-fingerling-counting-in-aquaculture/>
 11. RAS-based Aquaculture Market's Role in Emerging Tech: Insights and Projections 2025-2033, accessed April 12, 2026, <https://www.marketreportanalytics.com/reports/ras-based-aquaculture-251143>
 12. Fish Hatchery Running Costs: \$196K Monthly Budget (2026) - Financial Models Lab, accessed April 12, 2026, <https://financialmodelslab.com/blogs/operating-costs/fish-hatchery>
 13. Aquaculture in 2025: new technologies, sustainability and the direction of the sector, accessed April 12, 2026, <https://www.mbrfingredients.com.br/en/blog/posts/aquaculture-in-2025-new-technologies-sustainability-and-the-direction-of-the-sector/>
 14. Penggunaan Teknologi Biofloc pada Budidaya Perikanan terhadap Peningkatan Produksi, accessed April 12, 2026, <https://journal.literasisains.id/index.php/insologi/article/download/4996/2019/22768>
 15. Perbenihan Ikan Lele Berbasis Bioflok Tanpa Cacing - Google Books, accessed April 12, 2026, https://books.google.com/books/about/Perbenihan_Ikan_Lele_Berbasis_Bioflok_Ta.html?id=sN4aEQAAQBAJ
 16. KINERJA PERTUMBUHAN BENIH IKAN NILA SULTANA ..., accessed April 12, 2026, <https://ejournal-balitbang.kkp.go.id/index.php/salamata/article/download/15856/9885>
 17. Penerapan Teknologi Probiotik dalam Pakan untuk Meningkatkan Produktivitas Budidaya Ikan Nila | LPkM, accessed April 12, 2026, <https://lpkm.umi.ac.id/penerapan-teknologi-probiotik-dalam-pakan-untuk-meningkatkan-produktivitas-budidaya-ikan-nila/>

18. Kualitas Air Media Budidaya Nila (*Oreochromis ...* - ejournal uncen, accessed April 12, 2026, <https://ejournal.uncen.ac.id/index.php/ACR/article/download/5079/3353/15409>
19. Achieving a Biocircular Economy in the Aquaculture Sector Through Waste Valorization, accessed April 12, 2026, <https://www.mdpi.com/2305-6304/13/2/131>
20. The Circular Economy in Aquaculture and Fisheries: Enhancing Sustainability and Food Security - IDEAS/RePEc, accessed April 12, 2026, https://ideas.repec.org/a/spr/circec/v5y2025i5d10.1007_s43615-025-00632-1.html
21. The Circular Economy in Aquaculture and Fisheries: Enhancing Sustainability and Food Security | Request PDF - ResearchGate, accessed April 12, 2026, https://www.researchgate.net/publication/392864885_The_Circular_Economy_in_Aquaculture_and_Fisheries_Enhancing_Sustainability_and_Food_Security
22. Comparative Economic Analysis of Rainbow Trout Aquaculture Systems Considering Greenhouse Gas Emissions - MDPI, accessed April 12, 2026, <https://www.mdpi.com/2071-1050/17/19/8831>
23. Diuji sepanjang 2025, industri udang Indonesia siap bangkit di 2026 - All Fish News, accessed April 12, 2026, <https://allfishnews.com/diuji-sepanjang-2025-industri-udang-indonesia-siap-bangkit-di-2026/>
24. Tantangan Industri Udang Terkini dan Rekomendasi Solusinya | JALA Blog, accessed April 12, 2026, <https://jala.tech/id/blog/industri-udang/tantangan-industri-udang-terkini>
25. Full article: Current trends, challenges, and genetic innovations in the SPF shrimp broodstock industry - Taylor & Francis, accessed April 12, 2026, <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/29932181.2025.2508544>

26. Current trends, challenges, and genetic innovations in the SPF shrimp broodstock industry, accessed April 12, 2026, https://www.researchgate.net/publication/393492211_Current_trends_challenges_and_genetic_innovations_in_the_SPF_shrimp_broodstock_industry
27. Indonesia's AI & IoT Market in 2026: From Pilot Projects to Core Infrastructure - Neuron Digital, accessed April 12, 2026, <https://www.neuroncloud.ai/indonesias-ai-iot-market-in-2026-from-pilot-projects-to-core-infrastructure/>
28. AI in Sustainable Fisheries and Aquaculture Market Report 2026, accessed April 12, 2026, <https://www.researchandmarkets.com/reports/6226946/ai-in-sustainable-fisheries-aquaculture-market>
29. Strategi Penggunaan Probiotik Untuk Kesehatan dan Pertumbuhan Ikan, accessed April 12, 2026, <https://sv.ipb.ac.id/2024/11/08/strategi-penggunaan-probiotik-untuk-kesehatan-dan-pertumbuhan-ikan/>
30. Sukses Sistem Bioflok, Panen Perdana Lele KDMP Nogosari Jadi Contoh Pengembangan Usaha Perikanan di Jember, accessed April 12, 2026, <https://ppid.jemberkab.go.id/berita/sukses-sistem-bioflok-panen-perdana-lele-kdmp-nogosari-jadi-contoh-pengembangan-usaha-perikanan-di-jember-20260403>
31. PENDAMPINGAN TEKNOLOGI PERBENIHAN IKAN LELE ..., accessed April 12, 2026, <https://abdiinsani.unram.ac.id/index.php/jurnal/article/view/2298>
32. Aquaculture Industry: New AI-powered technology by DNV set to transform compliance, accessed April 12, 2026, <https://www.dnv.com/news/2025/aquaculture-industry-new-ai-powered-technology-by-dnv-set-to-transform-compliance/>