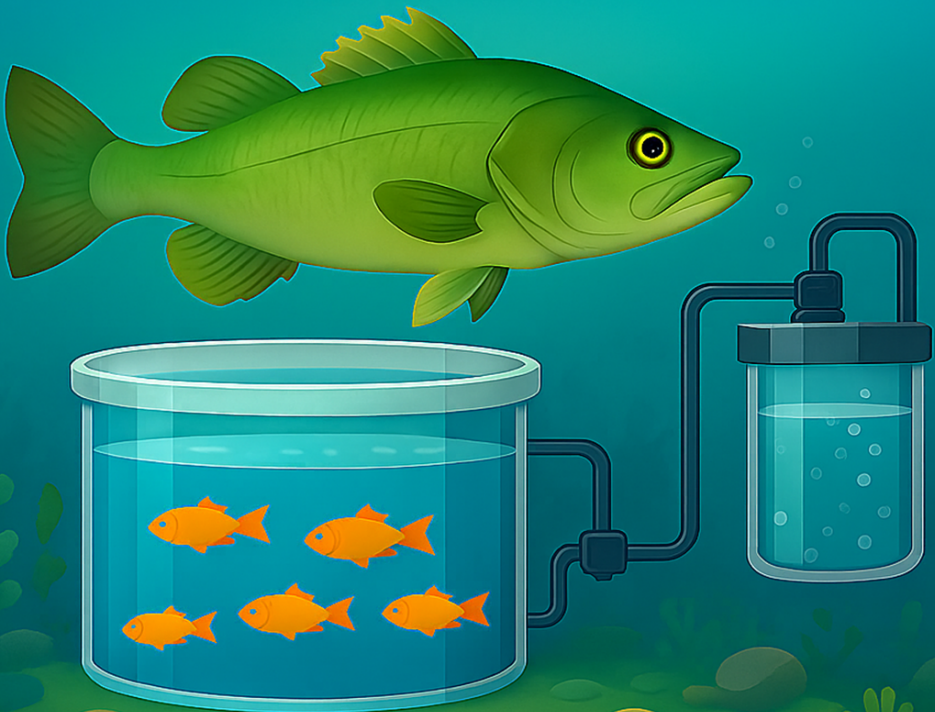


BUDIDAYA IKAN SISTEM RESIRKULASI (RAS)

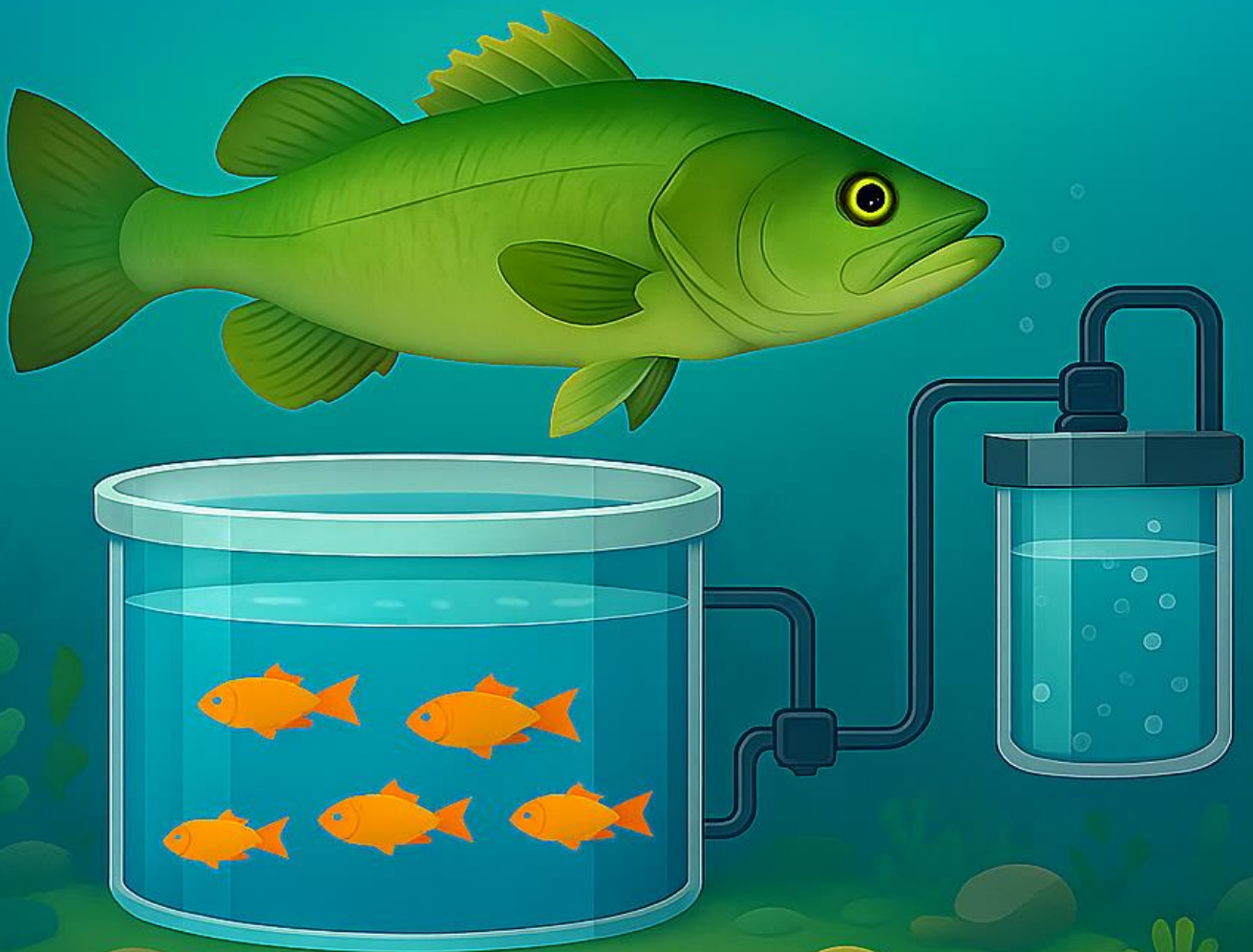
Panduan Praktis dan Akademik untuk Siswa,
Mahasiswa, dan Praktisi Akuakultur Modern



Teguh Harijono
Lusiana BR Ritonga

BUDIDAYA IKAN SISTEM RESIRKULASI (RAS)

Panduan Praktis dan Akademik untuk Siswa,
Mahasiswa, dan Praktisi Akuakultur Modern



Teguh Harijono
Lusiana BR Ritonga

BUDIDAYA IKAN SISTEM RESIRKULASI (RAS)

**Panduan Praktis dan Akademik untuk Siswa,
Mahasiswa, dan Praktisi Akuakultur Modern**

**Teguh Harijono
Lusiana BR. Ritonga, M.P.**



GETPRESS INDONESIA

**BUDIDAYA IKAN SISTEM RESIRKULASI (RAS)
Panduan Praktis dan Akademik untuk Siswa,
Mahasiswa, dan Praktisi Akuakultur Modern**

Penulis : Teguh Harijono
Lusiana BR. Ritonga, M.P.

ISBN: 978-634-255-117-2

Editor : Mila Sari, M.Si.
Desain Sampul dan Tata Letak : Tri Putri Wahyuni, S.Pd

PENERBIT GET PRESS INDONESIA
Anggota IKAPI No. 033/SBA/2022
Jl. Palarik RT 01 RW 06 Kelurahan Air Pacah
Kecamatan Koto Tangah Padang Sumatera Barat
website: www.getpress.co.id
email: adm.getpress@gmail.com

Hak cipta dilindungi undang-undang.

Dilarang memperbanyak karya tulis ini dalam bentuk
dan dengan cara apapun tanpa izin tertulis dari penerbit.

Undang Undang Republik Indonesia Nomor 19 Tahun 2002 Tentang Hak Cipta

Ketentuan Pidana:

Pasal 72

1. Barangsiapa dengan sengaja dan tanpa hak melakukan perbuatan sebagaimana dimaksud dalam Pasal 2 ayat (1) atau Pasal 49 ayat (1) dan ayat (2) dipidana dengan pidana penjara masing-masing paling singkat 1 (satu) bulan dan/atau denda paling sedikit Rp 1.000.000,00 (satu juta rupiah), atau pidana penjara paling lama 7 (tujuh) tahun dan/ atau denda paling banyak Rp 5.000.000.000,00 (lima miliar rupiah).
2. Barangsiapa dengan sengaja menyiarkan, memamerkan, mengedarkan, atau menjual kepada umum suatu Ciptaan atau barang hasil pelanggaran Hak Cipta atau Hak Terkait sebagaimana dimaksud pada ayat (1) dipidana dengan pidana penjara paling lama 5 (lima) tahun dan/ atau denda paling banyak Rp 500.000.000,00 (lima ratus juta rupiah).

SAMBUTAN DIREKTUR POLITEKNIK KELAUTAN DAN PERIKANAN SIDOARJO



Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh,

Atas nama **Politeknik Kelautan dan Perikanan Sidoarjo**, kami menyampaikan apresiasi atas terbitnya buku "*Budidaya Ikan Sistem Resirkulasi*" karya **Teguh Harijono dan Lusiana BR Ritonga**. Buku ini bukan sekadar kumpulan teori, melainkan representasi komitmen kami dalam memajukan akuakultur berkelanjutan di Indonesia.

Sistem resirkulasi akuakultur (RAS) merupakan solusi inovatif menghadapi tantangan global: *efisiensi sumber daya air, perubahan iklim, dan kebutuhan pangan berkelanjutan*. Buku ini hadir sebagai respons konkret atas dinamika tersebut, sekaligus menjadi panduan komprehensif bagi akademisi, praktisi, dan pelaku usaha perikanan.

Kedua penulis adalah dosen yang kompeten dan berkomitmen di bidang Pendidikan Vokasional Kelautan dan Perikanan. **Teguh Harijono**, dengan pengalamannya puluhan tahun di bidang budidaya perikanan dan pelatihan nasional, serta **Lusiana BR Ritonga** ahli muda dengan integritas keilmuan dan jaringan organisasi profesi yang kuat, telah menggabungkan kedalaman teori dan praktik dalam setiap halaman buku ini. Kolaborasi ini menjamin kualitas konten yang relevan, aplikatif, dan berbasis pengalaman.

Sebagai institusi yang berdedikasi mencetak SDM unggul sektor kelautan dan perikanan, kami melihat buku ini sebagai:

1. **Referensi akademis** untuk memperkuat kurikulum program studi budidaya perikanan,
2. **Panduan teknis** bagi pengembangan perikanan berbasis teknologi ramah lingkungan,
3. **Inspirasi** bagi generasi muda untuk berinovasi di bidang akuakultur masa depan.

Terima kasih kepada para penulis atas dedikasi dan kontribusi nyatanya bagi ilmu pengetahuan. Semoga buku ini menjadi amal jariyah yang bermanfaat luas, mendorong kemandirian pangan nasional, dan menginspirasi lahirnya karya-karya berikutnya.

Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh,

Sidoarjo, Agustus 2025

Dr. Yaser Krisnafi, S.St, Pi, M.T

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kami panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas limpahan rahmat dan karunia-Nya sehingga buku ajar berjudul "Budidaya Ikan Sistem Resirkulasi (RAS)" ini dapat disusun dan diselesaikan dengan baik. Buku ini hadir sebagai bentuk kontribusi dalam memperkaya literatur di bidang akuakultur, khususnya teknologi budidaya ikan berbasis sistem resirkulasi yang semakin relevan di tengah tantangan global saat ini.

Indonesia, sebagai negara kepulauan dengan potensi kelautan dan perikanan yang melimpah, menghadapi tantangan besar dalam menjaga keberlanjutan sektor budidaya. Keterbatasan lahan, krisis air bersih, pencemaran lingkungan, serta tuntutan terhadap produk perikanan yang berkualitas tinggi dan higienis menuntut hadirnya solusi inovatif. Sistem budidaya ikan dengan pendekatan *Recirculating Aquaculture System* (RAS) menjadi salah satu jawaban atas tantangan tersebut.

Materi dalam buku ini mencakup materi Budidaya Ikan Dan Pengenalan Teknologi *Recirculating Aquaculture System* (RAS), Dasar-Dasar Sistem Resirkulasi, Perencanaan Dan Desain Sistem RAS, Persiapan Pemeliharaan Dalam Sistem RAS, Penebaran Benih, Manajemen Kualitas Air Pada Sistem RAS, Manajemen Pakan Dan Pertumbuhan Ikan Pada Sistem RAS, Pengendalian Penyakit Dan Biosekuriti Dalam Sistem RAS. Seluruh isi disajikan secara sistematis dengan pendekatan pembelajaran yang mudah dipahami, disertai ilustrasi, studi kasus, dan contoh penerapan di lapangan.

Semoga buku ajar ini dapat memberikan manfaat yang luas bagi dunia pendidikan, pelaku usaha, dan seluruh pihak yang berkomitmen dalam pembangunan sektor perikanan yang modern dan bertanggung jawab. Akhir kata, kami menyadari bahwa penyusunan buku ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun dari para pembaca sangat kami harapkan demi penyempurnaan di masa mendatang.

Tim Penyusun

DAFTAR ISI

	Halaman
KATA SAMBUTAN	i
KATA PENGANTAR.....	ii
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL.....	v
DAFTAR GAMBAR.....	vi
GLOSARIUM	viii
PENDAHULUAN.....	1
Latar Belakang.....	1
Tujuan Penulisan Buku.....	3
Sasaran Pembaca	4
BAB I BUDIDAYA IKAN DAN PENGENALAN TEKNOLOGI RECIRCULATING AQUACULTURE SYSTEM (RAS)	5
1.1 Pengertian dan Konsep Dasar Budidaya Ikan	5
1.2 Sejarah dan Perkembangan Teknologi RAS.....	5
1.3 Perbandingan Sistem RAS dengan Sistem Tradisional	6
1.4 Manfaat dan Tantangan Sistem RAS.....	7
BAB II DASAR - DASAR SISTEM RESIRKULASI AIR	9
2.1 Komponen Utama Sistem RAS	9
2.2 Alur Sirkulasi dan Prinsip Kerja RAS.....	28
2.3 Parameter Kualitas Air Penting dalam RAS.....	28
BAB III PERENCANAAN DAN DESAIN SISTEM RAS	31
3.1 Faktor yang Perlu Dipertimbangkan dalam Perencanaan.....	31
3.2 Komponen Desain Utama dan Perhitungannya	36
3.3 Layout Sistem RAS untuk Berbagai Skala.....	37
3.4 Studi Kasus Perencanaan Sederhana	38
BAB IV PERSIAPAN PEMELIHARAAN DALAM SISTEM RAS	39
4.1. Setting dan Instalasi Unit RAS.....	39
4.2. Persiapan dan Sterilisasi Bak	40
BAB V PENEBARAN BENIH	50
5.1. Kriteria Benih Ikan yang Baik untuk Sistem RAS.....	50
5.2. Karantina dan Aklimatisasi Benih (Wajib di RAS)	50
BAB VI MANAJEMEN KUALITAS AIR DALAM SISTEM RAS	53
6.1. Pentingnya Manajemen Kualitas Air	53

6.2. Parameter Kualitas Air yang Penting dan Batas Ideal	53
6.3. Strategi Pemantauan dan Pengendalian	53
BAB VII MANAJEMEN PAKAN DAN PERTUMBUHAN IKAN DALAM SISTEM RAS.....	59
7.1. Pentingnya Manajemen Pakan dalam Sistem RAS	59
7.2 Strategi Manajemen Pakan Efisien dalam RAS.....	59
7.3. Pertumbuhan Ikan dalam Sistem RAS	64
7.4. Contoh Kasus: Optimasi Pakan dalam RAS Budidaya Nila.....	65
7.5. Tips Sukses Manajemen Pakan dalam RAS.....	65
BAB VIII PENGENDALIAN PENYAKIT DAN BIOSEKURITI DALAM SISTEM RAS	66
8.1 Pentingnya Biosekuriti dalam Sistem RAS.....	66
8.2 Potensi Risiko dan Jalur Masuk Patogen dalam RAS.....	69
8.3 Jenis-Jenis Penyakit yang Umum di Sistem RAS.....	69
8.4 Strategi Biosekuriti dalam Sistem RAS	75
8.5 Contoh Kasus: Serangan Aeromonas pada Sistem RAS Lele.....	77
BAB IX PENUTUP	78
9.1 Kesimpulan Umum.....	78
9.2 Rekomendasi Pengembangan dan Implementasi	78
9.3 Harapan Penulis	79
9.4 Penutup.....	79
DAFTAR REFERENSI.....	80
BIBLIOGRAFI PENULIS.....	83

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Perbandingan sistem RAS dengan sistem tradisional	7
2. Perbandingan Efisiensi Kolam Berdasarkan Bentuk	12
3. Jenis Filter Mekanik Umum	13
4. Jenis Media Biofilter	13
5. Jenis Sistem Aerasi dalam RAS	16
6. Data Dasar.....	19
7. Jenis-Jenis Diffuser yang Umum Digunakan	20
8. Parameter Kualitas Air Untuk Budidaya Ikan Sistem RAS.....	29
9. Parameter Kualitas Air dalam Budidaya Udang Vanamei Sistem RAS.....	29
10. Kelebihan RAS Indoor	34
11. Kekurangan RAS Indoor	34
12. Kelebihan RAS Outdoor	35
13. Kekurangan RAS Outdoor	35
14. Komponen RAS	39
15. Tujuan Sterilisasi	41
16. Penyesuaian Parameter Awal Air	43
17. Tujuan Uji Sistem Tanpa Ikan	44
18. Tujuan dan Alasan Perlunya Maturasi Biofilter	46
19. Tujuan Pengujian Akhir Sebelum Penebaran Benih	47

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Budidaya udang sistem RAS (Indotelko, 2022).	6
2. Teknologi RAS pada unit pembenihan ikan (Leingang, 2020).	6
3. Budidaya ikan nila sistem RAS	9
4. Kolam RAS bentuk bundar	10
5. Kolam RAS bentuk segi empat (Fransisco, 2017).	10
6. Kolam RAS bentuk oval	11
7. Filter mekanik (sand filter)	13
8. Fixed bed biofilter (tangki statis)	14
9. MBBR (Moving Bed Biofilm Reactor) (Jain, 2025).	14
10. Desain filter kombinasi pada RAS	15
11. Ring blower	16
12. Roots blower	16
13. Regenerativ blower	17
14. Centrifugal blower	17
15. Aquarium air pump / diaphragm blower	18
16. Diffuser dan batu aerasi untuk menghasilkan gelembung udara	21
17. Airlift pump	22
18. Venturi injector	23
19. UV Sterilizer (kiri) dan Ozonator (kanan)	24
20. Pompa centrifugal	25
21. Pompa submersible (pompa celup)	26
22. Alur sirkulasi dan prinsip kerja RAS	28
23. DO meter (kiri) dan pH meter (kanan)	30
24. Test Kit Kualitas Air	30
25. Contoh jenis ikan air tawar dibudidayakan dengan sistem RAS	31
26. Contoh jenis biota laut dibudidayakan dengan sistem RAS	31
27. Sumber air (sumur bor)	34
28. RAS Indoor	35
29. RAS outdoor (Agroqu, 2023)	35
30. Layout sistem RAS skala rumah tangga 4 tangki pemeliharaan 1.000 liter/kolam (DLHK, 2024).	37
31. Layout sistem RAS skala rumah tangga 6 tangki pemeliharaan 3.000 liter/kolam	37
32. Layout Sistem RAS skala komersial > 8 tangki pemeliharaan 20.000 liter/kolam	38
33. Contoh tata letak unit RAS	39
34. Persiapan filter RAS	40
35. Reaksi nitrifikasi	43
36. Maturasi biofilter agar kinerja filter RAS lebih efektif	47
37. Penebaran benih nila sistem RAS	50
38. Proses karantina benih Ikan	51
39. Pemantauan kualitas air secara rutin	55

40. Monitoring kualitas air media RAS secara rutin	58
42. Aeromonas hydrophila.....	70
43. Ikan terserang Aeromonas hydrophila	70
44. Streptococcus agalactiae	71
45. Ikan terserang Streptococcus agalactiae	72
46. Ikan terserang Ichthyophthiriasis (White spot).....	73
47. Ikan terserang jamur Saprolegnia sp	74
48. Histopatologi insang ikan akibat paparan nitrit	75
49. Insang Ikan terpapar racun nitrit	75

GLOSARIUM

Aerasi	:	proses memasukkan atau mencampurkan udara ke dalam air untuk meningkatkan kadar oksigen terlarut (DO, <i>dissolved oxygen</i>) sekaligus membantu sirkulasi air
Akuakultur	:	suatu usaha pemeliharaan, pembesaran, dan/atau pengembangbiakan ikan dalam lingkungan terkontrol untuk tujuan konsumsi, pembibitan, atau hias.
Aklimatisasi	:	proses penyesuaian ikan terhadap kondisi lingkungan baru, seperti suhu, salinitas, dan kualitas air, secara bertahap untuk mengurangi stres dan kematian.
Akumulasi	:	proses penumpukan bahan padat atau zat terlarut, seperti sisa pakan, kotoran ikan, amonia, atau nitrit.
Ammonia	:	senyawa nitrogen ($\text{NH}_3/\text{NH}_4^+$) yang dihasilkan dari sisa metabolisme ikan dan pembusukan bahan organik.
Biofilter	:	unit atau media (bioball, kerikil, atau media plastik khusus) yang digunakan untuk menumbuhkan koloni bakteri menguntungkan, terutama bakteri nitrifikasi
Biofiltrasi	:	proses penyaringan air secara biologis menggunakan mikroorganisme, terutama bakteri menguntungkan, untuk menguraikan senyawa beracun seperti amonia dan nitrit menjadi senyawa yang lebih aman, seperti nitrat
Biomassa	:	total massa organisme hidup dalam suatu wadah atau sistem, biasanya mengacu pada berat total ikan yang dipelihara
Biosecurity	:	serangkaian tindakan pencegahan untuk mencegah masuk dan menyebarnya penyakit di fasilitas budidaya, termasuk kontrol akses, sanitasi peralatan, karantina, dan pengelolaan kualitas air.
Desinfeksi	:	proses membunuh atau menonaktifkan mikroorganisme patogen seperti bakteri, virus, dan jamur di dalam air atau pada peralatan budidaya, menggunakan metode fisik (misalnya sinar UV, pemanasan) atau bahan kimia (seperti klorin, ozon)
Dissolved Oxygen (DO)	:	kadar oksigen yang terlarut di dalam air dan tersedia untuk digunakan oleh ikan, mikroorganisme, dan organisme akuatik lainnya dalam proses pernapasan
Efisiensi	:	tingkat keberhasilan sistem dalam memanfaatkan air, pakan, energi, dan ruang untuk menghasilkan

		pertumbuhan ikan yang optimal dengan limbah dan biaya serendah mungkin.
Feed Conversion Ratio (FCR)	:	rasio konversi pakan, yaitu perbandingan antara jumlah pakan yang diberikan dengan pertambahan bobot ikan
Feeding Rate (FR)	:	persentase jumlah pakan yang diberikan setiap hari dibandingkan dengan bobot total biomassa ikan
Filter	:	alat atau sistem penyaring yang digunakan untuk membersihkan dan menjaga kualitas air dari kotoran, sisa pakan, feses, dan zat berbahaya lainnya dalam media budidaya seperti kolam, akuarium, atau sistem RAS (<i>Resirkulasi Aquaculture System</i>).
Hatchery	:	tempat atau fasilitas khusus untuk menghasilkan, menetasakan, dan membesarkan benih ikan atau organisme air lainnya sampai mencapai ukuran tertentu sebelum dipindahkan ke tempat budidaya lanjutan.
High Density Polyethylene (HDPE)	:	bahan plastik berdensitas tinggi yang kuat, tahan lama, dan tahan terhadap bahan kimia serta sinar UV.
Inlet	:	saluran atau titik masuk air ke dalam sistem RAS, baik dari sumber air baru maupun dari hasil sirkulasi ulang setelah melalui proses filtrasi dan pengolahan.
Klorinasi	:	proses penambahan klorin (Cl_2) atau senyawa yang melepaskan klorin, seperti kalsium hipoklorit, ke dalam air untuk membunuh mikroorganisme patogen
Konstruksi	:	kegiatan merancang dan membangun komponen fisik sistem RAS seperti tangki, saluran pipa, sistem filtrasi, dan ruang operasional
Nitrifikasi	:	proses biologis yang dilakukan oleh bakteri nitrifikasi . di mana amonia ($\text{NH}_3/\text{NH}_4^+$) hasil metabolisme ikan dan sisa pakan diubah menjadi nitrit (NO_2^-), lalu menjadi nitrat (NO_3^-) yang lebih aman bagi ikan.
Oksigenasi	:	proses penambahan oksigen murni (O_2) ke dalam air untuk meningkatkan kadar oksigen terlarut secara cepat dan efisien, biasanya menggunakan peralatan khusus seperti diffuser oksigen atau injektor venturi
Outlet	:	saluran atau titik keluaran air dari sistem RAS, biasanya menuju unit filtrasi, pengolahan limbah, atau pembuangan.
Ozonasi	:	proses pemberian ozon (O_3) ke dalam air untuk membunuh mikroorganisme patogen, menguraikan senyawa organik, dan menghilangkan bau atau warna yang tidak diinginkan

Padat Tebar	:	jumlah ikan yang ditebarkan (dimasukkan) ke dalam suatu unit media budidaya (seperti kolam, tambak, atau keramba) per satuan luas atau volume tertentu.
Patogen	:	organisme penyebab penyakit (bakteri, virus, jamur, atau parasite) pada ikan, udang, atau organisme air lainnya.
Produksi	:	hasil akhir dari kegiatan budidaya organisme air dalam periode tertentu, yang biasanya diukur dalam jumlah berat (kilogram atau ton) atau jumlah individu yang berhasil dipanen.
Resirkulasi Aquaculture System (RAS)	:	sistem budidaya perikanan tertutup di mana air yang digunakan dalam kolam atau tangki budidaya diproses dan digunakan kembali secara terus-menerus.
Sampling	:	pengambilan sampel ikan atau air secara berkala untuk memantau pertumbuhan, kesehatan, dan kualitas air dalam sistem.
Smart Aquaculture	:	sistem budidaya perikanan yang menggunakan teknologi digital dan otomatisasi untuk memantau, mengontrol, dan mengoptimalkan proses budidaya secara efisien, presisi, dan berkelanjutan.
Sterilisasi	:	proses menghilangkan atau membunuh semua bentuk kehidupan mikroorganisme, termasuk bakteri, virus, jamur, dan spora, pada air, peralatan, atau fasilitas budidaya, biasanya dengan metode fisik (panas, radiasi) atau bahan kimia tertentu

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Indonesia merupakan negara kepulauan yang kaya akan sumber daya perairan dan memiliki potensi besar dalam sektor perikanan budidaya. Dalam beberapa dekade terakhir, permintaan terhadap produk perikanan terus meningkat seiring dengan pertumbuhan penduduk, perubahan pola konsumsi, dan kesadaran masyarakat akan pentingnya protein hewani dari ikan. Di sisi lain, tantangan dalam budidaya ikan secara konvensional juga semakin kompleks, termasuk keterbatasan lahan, pencemaran lingkungan, dan perubahan iklim yang berdampak langsung pada kualitas dan produktivitas tambak atau kolam tradisional.

Sistem budidaya ikan secara **Resirkulasi Aquaculture System (RAS)** hadir sebagai salah satu contoh inovatif untuk menjawab tantangan tersebut. Teknologi RAS merupakan sistem budidaya tertutup yang memungkinkan penggunaan air secara berulang melalui proses filtrasi dan rekayasa lingkungan air. Sistem ini tidak hanya efisien dalam penggunaan air, tetapi juga memungkinkan control penuh terhadap parameter kualitas air, sehingga lebih ramah lingkungan dan berkelanjutan dibandingkan sistem konvensional.

Urgensi pengembangan RAS semakin relevan dalam konteks krisis air bersih yang terjadi di berbagai belahan dunia. Budidaya konvensional, seperti kolam tanah atau tambak, memerlukan volume air yang besar dan menghasilkan limbah yang dapat mencemari lingkungan. Menurut laporan FAO (2020), sektor akuakultur global menyumbang sekitar 46% dari total produksi ikan konsumsi dunia, dan tren ini diprediksi akan meningkat. Namun, keberlanjutan sektor ini sangat tergantung pada inovasi teknologi yang mampu mengefisienkan sumber daya dan mengurangi dampak lingkungan, salah satunya melalui RAS.

Di Indonesia, pengembangan RAS masih relatif baru dan belum merata di semua wilayah. Banyak pelaku usaha maupun lembaga pendidikan yang belum memahami konsep, prinsip kerja, hingga implementasi teknis RAS secara menyeluruh. Padahal, teknologi ini memiliki potensi besar untuk diterapkan di wilayah-wilayah yang memiliki keterbatasan lahan dan air, seperti di perkotaan atau daerah dengan risiko pencemaran tinggi. Selain itu, RAS juga sangat ideal untuk budidaya ikan hias, ikan laut bernilai tinggi, dan kegiatan riset akuakultur yang memerlukan kontrol lingkungan ketat.

Dalam konteks pendidikan, ketersediaan buku ajar yang membahas secara komprehensif mengenai sistem RAS masih sangat terbatas. Mahasiswa, guru, praktisi lapangan, dan pelaku budidaya membutuhkan sumber literatur yang tidak hanya bersifat teoritis, tetapi juga praktis dan aplikatif. Buku ajar ini bertujuan untuk mengisi kekosongan tersebut dengan menyajikan materi yang sistematis, mudah dipahami, serta disertai ilustrasi dan contoh aplikatif dari penerapan RAS di lapangan.

Buku ini tidak hanya penting sebagai bahan ajar di program studi perikanan dan kelautan, tetapi juga relevan bagi lembaga pelatihan, penyuluh perikanan, dan pembudidaya mandiri yang ingin beralih ke sistem budidaya modern. Kebutuhan akan literatur yang dapat menjelaskan aspek teknis seperti desain sistem, filtrasi, manajemen kualitas air, serta aspek ekonomi dan kelayakan usaha juga menjadi landasan kuat dalam penyusunan buku ini.

Selain itu, sistem RAS juga mendukung penerapan prinsip biosekuriti dalam budidaya ikan. Dengan sistem tertutup, risiko penularan penyakit dari lingkungan luar dapat diminimalkan, sehingga meningkatkan efisiensi produksi dan mengurangi ketergantungan pada penggunaan obat atau bahan kimia. Hal ini sejalan dengan kebijakan pemerintah Indonesia melalui Kementerian Kelautan dan Perikanan (KKP) yang mendorong praktik budidaya berkelanjutan dan bebas residu bahan kimia.

Buku ini juga diharapkan dapat mendukung program-program strategis nasional seperti **Kampung Perikanan Budidaya**, **program Smart Aquaculture**, dan pengembangan **budidaya berkelanjutan di daerah urban** atau kawasan dengan sumber daya terbatas. Di sisi lain, tren global juga menunjukkan bahwa sistem RAS semakin diminati untuk produksi ikan premium seperti salmon, kerapu, kakap, dan berbagai spesies air tawar bernilai tinggi. Indonesia, sebagai negara tropis dengan keanekaragaman hayati tinggi, memiliki peluang besar untuk menjadi pemain utama dalam pasar akuakultur modern dengan dukungan sistem resirkulasi yang terstandar.

Dengan penyusunan buku ajar ini, diharapkan akan terjadi transfer pengetahuan dan keterampilan yang berdampak luas, mulai dari dunia pendidikan hingga praktik budidaya nyata di lapangan. Materi dalam buku ini dirancang untuk dapat dijadikan acuan pembelajaran di kelas, serta panduan teknis dalam membangun dan mengoperasikan sistem RAS. Mulai dari dasar-dasar teori, desain sistem dan pemeliharaan, semuanya disusun secara terpadu dan disesuaikan dengan kondisi Indonesia.

Lebih jauh lagi, buku ini juga menjadi wujud nyata kontribusi dalam mendukung **Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (SDGs)**. Budidaya ikan dengan sistem RAS mendukung efisiensi sumber daya air, mengurangi pencemaran lingkungan serta mendorong praktik produksi pangan yang ramah lingkungan dan bernilai ekonomi tinggi.

Dalam era disrupsi dan digitalisasi saat ini, literatur berbasis teknologi budidaya modern seperti ini juga sangat strategis untuk mendukung kurikulum merdeka belajar, riset mahasiswa, dan inovasi teknologi terapan di sektor perikanan. Penyusunan buku ajar ini juga sejalan dengan semangat peningkatan mutu pendidikan vokasi dan politeknik perikanan, di mana praktik dan penguasaan teknologi menjadi kunci utama peningkatan daya saing lulusan.

Akhirnya, urgensi penyusunan buku ini tidak hanya terletak pada penyediaan referensi akademik, tetapi juga sebagai upaya untuk **mengakselerasi transformasi budidaya ikan dari tradisional menuju teknologi berkelanjutan yang efisien, higienis, dan produktif**. Dengan pemahaman yang baik dan terstruktur tentang RAS, diharapkan akan lahir generasi pembudidaya yang tangguh, berwawasan lingkungan, dan adaptif terhadap perkembangan zaman.

Tujuan Penulisan Buku

Penulisan buku ajar ini bertujuan untuk memberikan kontribusi nyata dalam pengembangan ilmu pengetahuan dan keterampilan di bidang akuakultur, khususnya dalam teknologi **budidaya ikan sistem resirkulasi (Recirculating Aquaculture System/RAS)**. Adapun tujuan secara khusus dari penyusunan buku ini adalah sebagai berikut:

1. **Memberikan Pemahaman Teoritis dan Praktis Mengenai Sistem RAS**
Buku ini disusun untuk membantu mahasiswa, guru, penyuluh, serta pelaku usaha budidaya memahami prinsip dasar, komponen, dan cara kerja sistem budidaya ikan dengan pendekatan resirkulasi. Dengan penjelasan yang sistematis dan aplikatif, pembaca diharapkan mampu menguasai konsep dasar RAS sebagai teknologi alternatif dalam budidaya ikan berkelanjutan.
2. **Mendukung Kegiatan Pembelajaran dan Kurikulum di Bidang Perikanan**
Sebagai buku ajar, buku ini dirancang untuk mendukung kegiatan belajar mengajar pada jenjang pendidikan menengah kejuruan (SMK) dan perguruan tinggi, khususnya pada program studi perikanan, kelautan, dan bioteknologi akuakultur. Materi disusun mengacu pada kebutuhan kurikulum dan disertai contoh kasus, ilustrasi, serta soal evaluasi untuk memperkuat pemahaman peserta didik.
3. **Menyediakan Panduan Teknis bagi Praktisi Budidaya Ikan**
Selain sebagai sumber pembelajaran, buku ini juga disusun sebagai panduan teknis lapangan bagi para pembudidaya yang ingin menerapkan sistem RAS dalam usaha budidayanya. Informasi yang diberikan mencakup aspek teknis, manajerial, dan operasional, mulai dari desain sistem, pengelolaan kualitas air, manajemen pakan, hingga panen.
4. **Mendorong Praktik Budidaya Ikan yang Efisien dan Ramah Lingkungan**
Melalui pengenalan dan pemahaman teknologi RAS, buku ini bertujuan untuk mendorong transformasi praktik budidaya ikan dari sistem tradisional menuju sistem modern yang lebih hemat air, terkontrol, higienis, dan minim limbah. Hal ini diharapkan dapat mendukung keberlanjutan lingkungan dan mengurangi dampak negative budidaya terhadap ekosistem perairan.
5. **Menjawab Tantangan Ketersediaan Lahan dan Air dalam Budidaya Ikan**
Sistem RAS menawarkan solusi atas keterbatasan lahan dan sumber daya air, terutama di daerah urban atau wilayah dengan tekanan lingkungan tinggi. Buku ini mengangkat solusi-solusi praktis dari penerapan RAS pada berbagai skala usaha, sehingga menjadi rujukan penting dalam pengembangan sistem produksi akuakultur di masa depan.
6. **Menumbuhkan Minat Inovasi dan Kewirausahaan di Bidang Akuakultur**
Melalui pemahaman menyeluruh tentang teknologi RAS, buku ini diharapkan dapat menumbuhkan semangat inovasi dan wirausaha di kalangan generasi muda, mahasiswa, dan pelaku UMKM untuk mengembangkan usaha budidaya ikan yang adaptif, kompetitif, dan berbasis teknologi.
7. **Mendukung Agenda Nasional dan Global tentang Akuakultur Berkelanjutan**
Penulisan buku ini juga bertujuan untuk mendukung implementasi program-program strategis nasional seperti pengembangan kampung budidaya, smart aquaculture, dan ketahanan pangan berbasis perikanan. Selain itu, sejalan dengan tujuan pembangunan berkelanjutan (SDGs), khususnya pada aspek pengelolaan sumber daya air, ekosistem laut, dan produksi pangan yang bertanggung jawab.

Sasaran Pembaca

Buku ajar "*Budidaya Ikan Sistem Resirkulasi (RAS)*" disusun untuk menjangkau berbagai kalangan yang terlibat, tertarik, atau berkepentingan dalam pengembangan budidaya ikan berbasis teknologi modern. Adapun sasaran pembaca buku ini meliputi:

1. Mahasiswa dan Siswa Kejuruan

Buku ini ditujukan sebagai bahan ajar utama maupun pendamping bagi:

- Siswa Kejuruan Perikanan
- Mahasiswa program studi perikanan, akuakultur, bioteknologi perairan, dan ilmu kelautan di perguruan tinggi (D3, D4, S1).
- Mahasiswa vokasi atau politeknik kelautan dan perikanan yang sedang mempelajari teknologi budidaya modern.

Melalui buku ini, mereka dapat memahami secara komprehensif teori dan praktik budidaya ikan dengan sistem resirkulasi, sebagai bekal akademik maupun keterampilan praktis.

2. Guru, Dosen, dan Instruktur Pelatihan

Buku ini juga menjadi referensi dan pedoman mengajar bagi:

- Dosen mata kuliah teknologi akuakultur, sistem budidaya berkelanjutan, dan manajemen kualitas air.
- Guru SMK perikanan atau pertanian yang mengampu pelajaran budidaya ikan atau rekayasa sistem budidaya.
- Instruktur pelatihan di balai pelatihan perikanan, LKP (Lembaga Kursus dan Pelatihan), atau pusat pelatihan masyarakat yang menyelenggarakan program pelatihan budidaya modern.

Struktur buku yang sistematis dan dilengkapi ilustrasi serta studi kasus memudahkan tenaga pengajar dalam menyampaikan materi.

3. Pelaku Usaha Budidaya dan Calon Wirausahawan Perikanan

Buku ini menjadi panduan teknis yang aplikatif bagi:

- Pembudidaya ikan air tawar, air payau, maupun ikan hias yang ingin mengadopsi sistem RAS.
- Petani ikan di wilayah perkotaan yang memiliki keterbatasan lahan dan air.
- Calon wirausahawan muda atau UMKM yang tertarik memulai usaha budidaya ikan dengan pendekatan modern dan efisien.

4. Penyuluh Perikanan dan Praktisi Lapangan

Buku ini dapat digunakan oleh:

- Penyuluh perikanan sebagai materi edukatif dalam pembinaan masyarakat pembudidaya.
- Teknisi lapangan di **UPTD (Unit Pelaksana Teknis Daerah)**, BBI (Balai Benih Ikan), atau balai pelatihan yang membutuhkan panduan teknis RAS yang praktis.
- Konsultan atau pendamping program budidaya perikanan di daerah yang mendorong penggunaan teknologi efisien dan ramah lingkungan.

5. Peneliti dan Pemerhati Akuakultur Berkelanjutan

Sebagai sumber referensi, buku ini juga cocok untuk:

- Peneliti dan akademisi yang mendalami isu-isu budidaya berkelanjutan, efisiensi air, dan teknologi tertutup.
- Lembaga riset dan institusi pengembangan teknologi akuakultur.
- Mahasiswa pascasarjana yang sedang melakukan penelitian tentang RAS atau sistem produksi ikan berbasis rekayasa lingkungan.

BAB I

BUDIDAYA IKAN DAN PENGENALAN TEKNOLOGI RECIRCULATING AQUACULTURE SYSTEM (RAS)

1.1 Pengertian dan Konsep Dasar Budidaya Ikan

Budidaya ikan atau akuakultur adalah suatu usaha pemeliharaan, pembesaran, dan/atau pengembangbiakan ikan dalam lingkungan terkontrol untuk tujuan konsumsi, pembibitan, atau hias. Kegiatan ini memanfaatkan berbagai sistem lingkungan buatan, seperti kolam tanah, kolam beton, tambak, keramba, hingga sistem tertutup seperti **Recirculating Aquaculture System (RAS)**.

Menurut FAO (2020), akuakultur menyumbang lebih dari **52% produksi ikan konsumsi global**, dengan total produksi mencapai **87,5 juta ton**. Di Indonesia sendiri, data Kementerian Kelautan dan Perikanan (KKP, 2022) menunjukkan bahwa subsektor budidaya menyumbang sekitar **61% dari total produksi perikanan nasional**, dan terus mengalami pertumbuhan dari tahun ke tahun.

Konsep dasar budidaya ikan meliputi:

- **Pengelolaan lingkungan**
- **Manajemen benih dan padat tebar**
- **Pengendalian penyakit**
- **Panen dan pascapanen yang efisien**
- **Penerapan biosekuriti**

Dalam konteks modern, budidaya ikan dituntut untuk lebih efisien, berkelanjutan, dan adaptif terhadap tantangan keterbatasan lahan dan air, serta perubahan iklim. Inilah yang menjadi latar belakang berkembangnya sistem **Recirculating Aquaculture System (RAS)**.

1.2 Sejarah dan Perkembangan Teknologi RAS

Recirculating Aquaculture System (RAS) merupakan teknologi budidaya tertutup yang memanfaatkan kembali air hasil budidaya melalui sistem filtrasi mekanik, biologis, dan kimia. RAS pertama kali dikembangkan pada tahun 1970-an di negara-negara Eropa dan Amerika Serikat sebagai respons terhadap keterbatasan lahan dan air serta tingginya pencemaran akibat sistem terbuka.

Perkembangan teknologi RAS saat ini sudah sangat maju, dengan penerapan pada budidaya berbagai spesies bernilai tinggi seperti salmon, kakap, kerapu, ikan hias, dan udang. Jepang, Norwegia, dan Kanada menjadi pionir pengembangan RAS skala industri, sementara di Asia Tenggara, penggunaan RAS mulai berkembang pesat dalam dua dekade terakhir. Menurut Badiola *et al.* (2012), RAS telah menjadi salah

satu dari lima teknologi akuakultur paling prospektif untuk mendukung produksi perikanan dunia. Investasi dalam sistem RAS global diproyeksikan tumbuh sebesar **10% per tahun** hingga 2030 (FAO, 2020).



Gambar 1. Budidaya udang sistem RAS (Indotelko, 2022).

Di Indonesia, adopsi RAS masih tergolong baru dan terbatas pada skala riset, pendidikan, dan beberapa pembudidaya inovatif. Namun, dengan didorongnya konsep **smart aquaculture** oleh KKP, penggunaan RAS diproyeksikan meningkat signifikan terutama untuk:

- Budidaya di wilayah urban
- Budidaya intensif ikan hias dan ikan konsumsi
- Produksi benih di *hatchery* skala kecil-menengah



Gambar 2. Teknologi RAS pada unit pembenihan ikan (Leingang, 2020).

1.3 Perbandingan Sistem RAS dengan Sistem Tradisional

Dalam upaya meningkatkan efisiensi dan keberlanjutan akuakultur, RAS muncul sebagai solusi inovatif yang mentransformasi paradigma budidaya tradisional. Sistem ini tidak hanya menjawab tantangan kelangkaan sumber daya, tetapi juga menawarkan presisi kontrol lingkungan yang unggul. **Tabel 1** menguraikan perbandingan mendalam antara sistem RAS dan sistem konvensional, menyoroti revolusi efisiensi air, optimasi ruang, dan stabilitas produksi meski dengan kompleksitas teknis dan investasi awal yang lebih tinggi.

Tabel 1. Perbandingan sistem RAS dengan sistem tradisional

Aspek	Sistem Tradisional	Sistem RAS
Penggunaan air	Boros (air diganti berkala)	Hemat (hingga 90-95% air didaur ulang)
Kontrol kualitas air	Sulit dikontrol, tergantung cuaca dan lingkungan	Sangat terkendali dan stabil
Kepadatan tebar	Rendah hingga sedang	Tinggi (hingga 80–100 kg/m ³ tergantung spesies)
Pengendalian penyakit	Rentan (terbuka terhadap patogen luar)	Lebih aman (tertutup, mudah dikendalikan)
Efisiensi lahan	Membutuhkan area luas	Hemat ruang, bisa di <i>indoor</i> atau rooftop
Investasi awal	Rendah hingga sedang	Tinggi (teknologi, peralatan)
Operasional	Sederhana	Kompleks dan teknis
Skalabilitas	Sulit untuk skala besar di lahan terbatas	Sangat fleksibel dan modular

Sumber: Timmons & Ebeling (2013)

Meskipun sistem RAS memiliki biaya awal tinggi, namun efisiensi dari segi penggunaan air, lahan, dan kontrol produksi membuatnya sangat cocok diterapkan di daerah yang padat penduduk atau minim sumber daya alam.

1.4 Manfaat dan Tantangan Sistem RAS

Manfaat Sistem RAS

1. **Efisiensi Air:** penggunaan air hanya sekitar **5-10%** dari total air yang dibutuhkan dalam sistem konvensional (Ebeling & Timmons, 2013).
2. **Kontrol Lingkungan:** parameter kualitas air seperti suhu, pH, oksigen, dan amonia dapat dikontrol presisi.
3. **Produksi Berkelanjutan:** minim limbah cair ke lingkungan dan mendukung prinsip ekonomi sirkular.
4. **Budidaya Padat Tebar Tinggi:** meningkatkan produktivitas per unit volume.
5. **Fleksibel dan Modular:** Dapat diterapkan di berbagai skala, bahkan di dalam ruangan (*indoor farming*).
6. **Ramah Lingkungan:** mengurangi pencemaran lingkungan dan mendukung SDGs.
7. **Cocok untuk Wilayah Urban:** bisa diterapkan di perkotaan, *rooftop*, atau dalam gedung.

Tantangan Sistem RAS

1. **Investasi Awal Tinggi:** biaya instalasi, pompa, filter, sensor, dan sistem kontrol cukup mahal.
2. **Butuh Tenaga Ahli dan Pelatihan:** pengoperasian dan pemeliharaan sistem bersifat teknis.
3. **Risiko Sistemik:** jika terjadi kegagalan teknis (misalnya pompa atau filter mati), seluruh populasi ikan bisa terancam.

4. **Ketergantungan Energi:** memerlukan suplai listrik yang stabil.
5. **Belum Merata Penerapannya:** kurangnya literasi dan fasilitas pendukung di banyak daerah.

Meski demikian, dengan pelatihan yang memadai dan penerapan bertahap, tantangan ini dapat diatasi. Terlebih, potensi pasar dan permintaan terhadap produk ikan berkualitas tinggi dari sistem higienis dan ramah lingkungan semakin meningkat.

BAB II

DASAR - DASAR SISTEM RESIRKULASI AIR

2.1 Komponen Utama Sistem RAS

Sistem RAS terdiri atas beberapa komponen utama yang bekerja secara terintegrasi untuk menjaga kualitas air agar tetap optimal bagi kehidupan ikan. Komponen-komponen tersebut meliputi:

A. Tangki Pemeliharaan (*Rearing Tank*)

Tangki berfungsi sebagai tempat pemeliharaan ikan. Ukuran dan bentuk tangki disesuaikan dengan jenis ikan dan kepadatan tebar. Tangki umumnya terbuat dari fiberglass, beton, atau plastik HDPE (*High Density Polyethylene*). **Kepadatan tebar** dalam RAS dapat mencapai **50–100 kg/m³** tergantung jenis ikan dan sistem kontrol air (Timmons & Ebeling, 2013).



Gambar 3. Budidaya ikan nila sistem RAS

Bentuk-Bentuk Kolam Pemeliharaan dalam Sistem RAS

Dalam sistem *Recirculating Aquaculture System* (RAS), kolam pemeliharaan merupakan tempat utama pertumbuhan ikan dan menjadi titik awal dari sirkulasi air. Bentuk kolam sangat memengaruhi efisiensi aliran air, pembuangan limbah, serta kenyamanan ikan.

Berikut adalah bentuk kolam yang umum digunakan:

1. Kolam Bundar (Sirkular)

Ciri khas:

- Berbentuk lingkaran sempurna
- Air mengalir melingkar (rotasi) dengan *inlet* di samping atas dan outlet di tengah dasar

Kelebihan:

- Aliran melingkar mempermudah limbah padat terkumpul di tengah (mudah tersifon)
- Mencegah zona stagnan (*dead zone*)
- Meningkatkan efisiensi pembersihan
- Cocok untuk ikan aktif seperti lele, nila, trout

Kekurangan:

- Biaya konstruksi awal sedikit lebih tinggi (khusus untuk beton)
- Membutuhkan desain pipa lebih presisi



Gambar 4.Kolam RAS bentuk bundar

2. Kolam Persegi Panjang / Segi Empat

Ciri khas:

- Bentuk kotak atau persegi panjang
- *Inlet* dan *outlet* biasanya terletak di ujung berlawanan

Kelebihan:

- Lebih mudah dalam konstruksi menggunakan beton, bata, atau bahan lokal
- Cocok untuk budidaya padat rendah dan semi intensif
- Mudah diintegrasikan dalam bangunan (*layout* efisien)

Kekurangan:

- Sering terjadi akumulasi limbah di sudut kolam
- Memerlukan lebih banyak waktu untuk pembersihan dasar
- Tidak ideal untuk padat tebar tinggi tanpa aerasi dan sirkulasi tambahan

Rujukan: FAO (2020)



Gambar 5. Kolam RAS bentuk segi empat (Fransisco, 2017).

3. Kolam Oval (Elips)

Ciri khas:

- Kombinasi bentuk sirkular dan persegi panjang

Kelebihan:

- Memungkinkan arus air melingkar dengan ruang yang lebih hemat
- Area kontak ikan lebih luas dibanding kolam bundar
- Limbah bisa diarahkan ke tengah lebih efisien dari bentuk segi empat

Kekurangan:

- Konstruksi lebih kompleks
- Lebih jarang digunakan karena desain khusus



Gambar 6. Kolam RAS bentuk oval

4. Kolam Segitiga atau Tidak Beraturan

Kolam tidak beraturan, atau juga disebut kolam "*free form*", adalah jenis kolam yang bentuknya tidak mengikuti pola geometris seperti persegi panjang atau lingkaran. Bentuknya bebas dan alami, seringkali menyerupai lekukan sungai atau danau.

Kelebihan Kolam Tidak Beraturan:

- **Estetika Alami:**
Memberikan kesan alami dan menyatu dengan lingkungan sekitar, cocok untuk desain taman yang ingin menonjolkan keindahan alam.
- **Fleksibel:**
Dapat menyesuaikan diri dengan berbagai bentuk lahan, termasuk lahan yang tidak rata atau memiliki sudut yang unik.
- **Kesan Unik dan Artistik:**
Bentuknya yang tidak biasa memberikan sentuhan artistik dan berbeda dari kolam renang pada umumnya.
- **Memaksimalkan Ruang:**
Pada lahan terbatas, bentuk tidak beraturan dapat dimanfaatkan untuk memaksimalkan setiap inci ruang yang tersedia.
- **Suasana Santai:**
Kolam dengan bentuk bebas seringkali dikaitkan dengan suasana santai dan menenangkan, terutama jika dikelilingi tanaman hijau dan elemen air seperti air terjun mini.

Penerapan Kolam Tidak Beraturan:

- **Kolam Renang:**
Desain kolam renang *free form* sangat populer untuk halaman belakang rumah, memberikan kesan mewah dan alami.
- **Kolam Ikan:**
Kolam ikan dengan bentuk tidak beraturan dapat menciptakan suasana yang menenangkan dan estetis di taman.
- **Kolam Air Deras:**
Kolam air deras dapat disesuaikan bentuknya dengan kondisi lahan, baik luas maupun dalamnya.

Hal yang Perlu Diperhatikan:

- **Perencanaan:**
Meskipun bentuknya bebas, perencanaan yang matang tetap diperlukan untuk memastikan kolam berfungsi dengan baik dan aman.

- **Kebutuhan Ruang:**
Pertimbangkan ukuran dan kedalaman kolam yang sesuai dengan kebutuhan dan ketersediaan lahan.
 - **Pemilihan Material:**
Pilih material yang tahan air dan sesuai dengan konsep desain kolam.
 - **Perawatan:**
Kolam tidak beraturan mungkin memerlukan perawatan yang lebih intensif, terutama untuk menjaga kebersihan dan estetika.
- Dengan perencanaan yang matang dan pemilihan desain yang sesuai, kolam tidak beraturan dapat menjadi elemen menarik dan fungsional dalam mempercantik hunian Anda.

Tabel 2. Perbandingan Efisiensi Kolam Berdasarkan Bentuk

Bentuk Kolam	Efisiensi Sirkulasi	Efisiensi Pembersihan	Konstruksi	Ideal untuk
Bundar	★★★★	★★★★	★★	RAS intensif
Persegi Panjang	★★	★★	★★★★	RAS sederhana
Oval	★★★	★★★	★★	RAS sedang
Bundar	★★★★	★★★★	★★	RAS intensif
Tidak beraturan	★	★	★	Darurat/ Trial

Sumber: Timmons & Ebeling (2013); Boyd (2017)

Kolam Bundar dinilai paling optimal untuk sistem RAS intensif, karena:

- Meningkatkan pembersihan padatan (limbah ikan, sisa pakan)
- Mengurangi kebutuhan volume filtrasi
- Menurunkan biaya perawatan jangka panjang
- Mendukung kesejahteraan ikan melalui aliran arus konstan

Contoh kasus:

Timmons & Ebeling (2013), menemukan bahwa kolam sirkular dengan *outlet* tengah mengurangi volume sludge hingga 40% dibanding kolam kotak dalam sistem RAS nila dan salmon.

B. Sistem Filtrasi

Sistem ini adalah jantung dari RAS dan terdiri atas tiga jenis utama:

- **Filtrasi Mekanis:** menghilangkan padatan tersuspensi seperti sisa pakan dan kotoran. Alat yang digunakan: drum filter, screen filter, atau swirl separator.
- **Filtrasi Biologis:** mengandalkan mikroorganisme (bakteri nitrifikasi seperti *Nitrosomonas* dan *Nitrobacter*) untuk mengubah amonia menjadi nitrat yang kurang toksik. Media umum: *bio ball*, matala, atau *moving bed biofilm reactor* (MBBR).
- **Filtrasi Kimiawi:** menggunakan karbon aktif, zeolit, atau resin penukar ion untuk mengikat senyawa organik, logam berat, atau sisa obat.

1. Filter Mekanik

Fungsi:

Menghilangkan **partikel tersuspensi dan padatan kasar** dari air sirkulasi, sehingga mencegah penyumbatan biofilter dan menjaga kualitas air.

Tabel 3. Jenis Filter Mekanik Umum

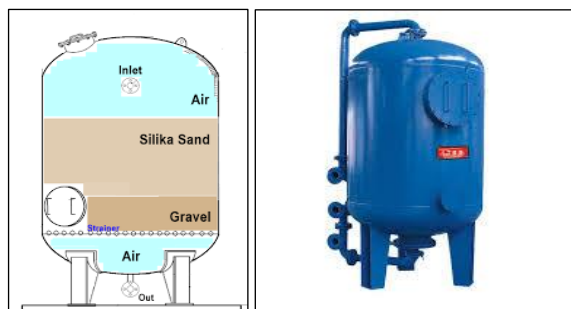
Jenis	Deskripsi	Kelebihan	Kekurangan
<i>Drum Filter</i> (Rotary)	Drum berputar dengan screen halus (50–100 mikron), dilengkapi sistem penyemprot otomatis	Efisien, otomatis	Mahal, listrik tinggi
<i>Screen Static Filter</i>	Lembaran mesh halus pada tangki statis	Sederhana, murah	Perlu dibersihkan manual
<i>Bead Filter</i> (Multifungsi)	Menggunakan butiran plastik (sebagai filter mekanik & biofilter)	Multifungsi, efisien ruang	Terkadang tersumbat
<i>Settling Chamber</i>	Tangki pengendapan (sedimentasi gravitasi)	Tanpa listrik	Efektivitas terbatas
Saringan Jaring (Matala/ <i>brush</i>)	Media seperti matras berongga	Harga terjangkau	Perlu pembersihan rutin

Sumber : Timmons & Ebeling (2013); FAO (2018)

Desain Sederhana Screen Filter (Static):

- Kotak filter: 60x60x60 cm
- Screen: mesh 100 mikron
- Air masuk dari atas, keluar di bawah
- Disertai valve drain untuk buang kotoran

Rujukan: Timmons & Ebeling, (2013)



Gambar 7. Filter mekanik (*sand filter*)

2. Biofilter

Fungsi:

Mengolah limbah nitrogen (amonia dan nitrit) menjadi nitrat yang kurang beracun melalui **proses nitrifikasi** oleh bakteri autotrof:

- *Nitrosomonas* ($\text{NH}_4^+ \rightarrow \text{NO}_2^-$)
- *Nitrobacter* ($\text{NO}_2^- \rightarrow \text{NO}_3^-$)

Tabel 4. Jenis Media Biofilter

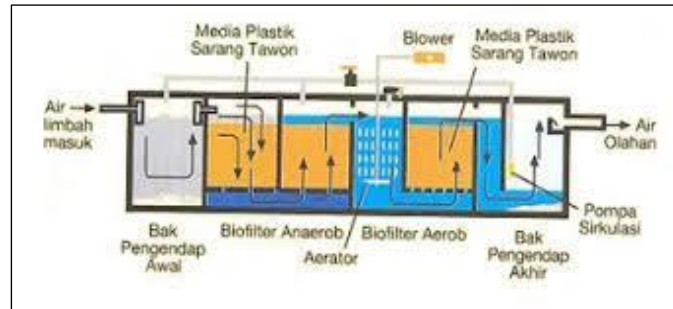
Jenis Media	Karakteristik	Surface Area (m^2/m^3)	Catatan
<i>Bioball</i>	Bola plastik berlubang	±300	Mudah ditemukan
Kaldnes K1 / MBBR	Self-cleaning, aerated	500–800	Sangat efisien
Batu apung (<i>pumice</i>)	Alami, ringan	±200	Ekonomis
Matala sheet	Lembaran plastik pori	±250	Mudah dipasang
<i>Brush</i> (sikat nilon)	Vertikal di kolom	±150–200	Perlu aerasi

Sumber : Rusten *et al* (2006); Timmons & Ebeling (2013)

Desain Biofilter Umum (Fixed Bed atau MBBR)

1. Fixed Bed Biofilter (Tangki statis)

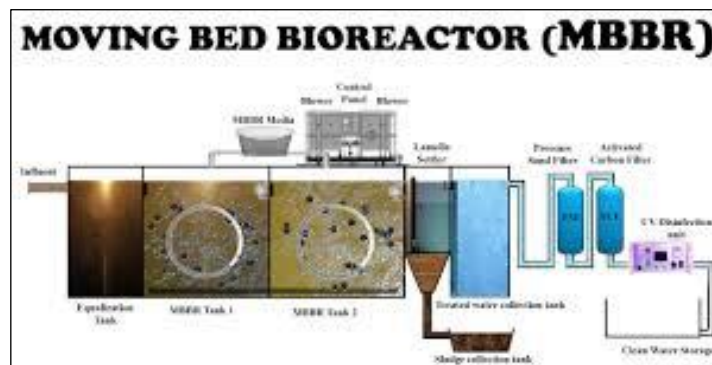
- Media tetap diam, air dialirkan dari bawah ke atas
- Aerasi ditambahkan di bawah
- Tangki: drum 200 L atau lebih besar



Gambar 8. *Fixed bed biofilter* (tangki statis)

2. MBBR (Moving Bed Biofilm Reactor)

- Media mengapung (Kaldnes), terus bergerak oleh aerasi
- Proses self-cleaning → tidak ada pembersihan rutin
- Ideal untuk RAS skala menengah dan besar



Gambar 9. MBBR (*Moving Bed Biofilm Reactor*) (Jain, 2025).

Prinsip Perhitungan Ukuran Biofilter:

Ukuran biofilter ditentukan berdasarkan luas permukaan aktif yang diperlukan untuk menguraikan beban amonia harian. Luas permukaan aktif dihitung dengan membagi total beban amonia harian dengan kapasitas konversi media biofilter.

Rumus umum:

$$\text{Luas permukaan aktif (m}^2\text{)} = \frac{\text{Beban amonia harian } (\frac{g}{\text{hari}})}{\text{Kapasitas konversi media } \left(\frac{g \frac{NH_3}{m^2}}{\text{hari}} \right)}$$

Contoh perhitungan :

- Beban ammonia harian = 100 g/hari
- Kapasitas konversi media Kaldnes K1 = $\pm 0,6 \text{ g NH}_3/\text{m}^2/\text{hari}$

$$\text{Luas permukaan aktif} = \frac{100}{0.6} = 167$$

Media Kaldnes K1 memiliki specific surface area (SSA) sekitar $800 \text{ m}^2/\text{m}^3$, artinya setiap 1 m^3 media menyediakan $\pm 800 \text{ m}^2$ luas permukaan untuk pertumbuhan bakteri nitrifikasi.

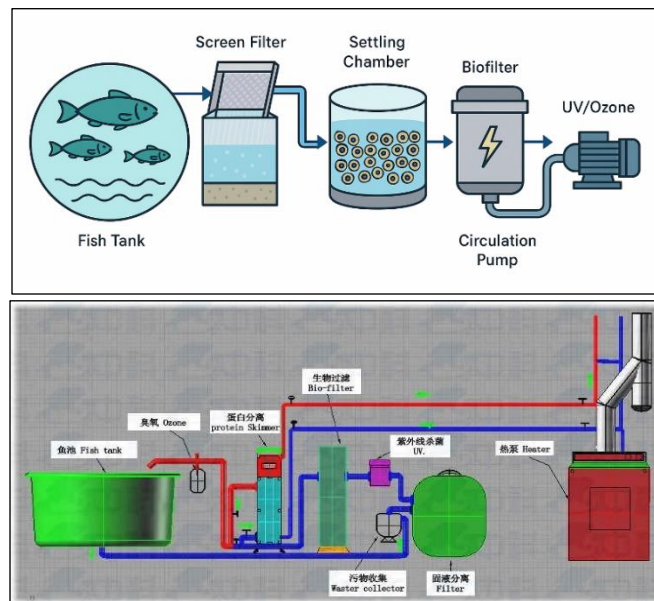
Volume media yang dibutuhkan:

$$\text{Volume media (m}^3\text{)} = \frac{\text{Luas permukaan aktif (m}^2\text{)}}{\text{SSA media (}\frac{\text{m}^2}{\text{m}^3}\text{)}}$$

$$\text{Volume media} = \frac{167}{800} = 0,21 \text{ m}^3 = 210 \text{ liter}$$

Dengan demikian, untuk mengolah 100 g amonia per hari menggunakan media Kaldnes K1, diperlukan ± 210 liter media.

Skema Kombinasi Filter Mekanik + Biofilter



Gambar 10. Desain filter kombinasi pada RAS

Keterangan

- Air dari kolam masuk ke filter mekanik → partikel padat ditangkap
- Air lanjut ke biofilter untuk diolah oleh bakteri nitrifikasi
- Setelah bersih, air disterilkan dan dikembalikan ke kolam

C. Aerasi dan Oksigenasi

Sistem ini menjaga kadar oksigen terlarut (DO) tetap optimal. Umumnya digunakan aerator diffuser, venturi, atau *oxygen cone*.

DO optimal untuk budidaya ikan air tawar: $>5 \text{ mg/L}$ (Boyd, 2017).

Desain Sistem Aerasi dan Desinfeksi Air

Kedua aspek ini sangat penting untuk **menjaga keseimbangan biologis, mencegah stres ikan, serta mengendalikan penyakit.**

1. Sistem Aerasi

Tujuan Aerasi:

- Menyediakan **oksigen terlarut (DO)** untuk respirasi ikan dan bakteri nitrifikasi
- Menghilangkan gas beracun (CO_2 , NH_3)
- Menjaga sirkulasi air dalam kolom biofilter (terutama MBBR)

Tabel 5. Jenis Sistem Aerasi dalam RAS

Sistem	Prinsip Kerja	Kelebihan	Kekurangan	Sistem
Blower + Diffuser	Udara ditiup ke batu aerasi atau pipa berlubang	Ekonomis, efisien	Memerlukan pemeliharaan rutin	Blower + Diffuser
Airlift Pump	Kombinasi aerasi dan sirkulasi air vertikal	Hemat energi	Kurang efektif pada kolam besar	Airlift Pump
Venturi Injector	Udara masuk lewat nozzle aliran air	Cocok untuk pipa sirkulasi	Perlu tekanan tinggi	Venturi Injector

Sumber : Rusten *et al* (2006); Timmons & Ebeling (2013)

Blower

Pada sistem budidaya ikan **RAS (Recirculating Aquaculture System)**, blower merupakan salah satu komponen penting yang berfungsi untuk menyuplai udara (oksigen) ke dalam air, menjaga kadar oksigen terlarut, serta membantu proses aerasi dan biofiltrasi.

Berikut adalah berbagai jenis blower yang umum digunakan dalam sistem RAS:

1. Ring Blower (Side Channel Blower)

Karakteristik:

- Desain tanpa oli (oil-less), sehingga udara yang dihasilkan bersih.
- Cocok untuk sistem aerasi yang memerlukan tekanan sedang.

Kelebihan:

- Suara relatif rendah.
- Tahan lama dan perawatan mudah.
- Bisa digunakan secara terus-menerus (24 jam).

Kekurangan:

- Tidak cocok untuk tekanan sangat tinggi atau aliran sangat besar.

Contoh penggunaan: Aerasi biofilter atau kolam padat tebar tinggi.



Gambar 11. Ring blower

2. Roots Blower (Lobe Blower)



Gambar 12. Roots blower

Karakteristik:

- Menghasilkan aliran udara dengan tekanan lebih tinggi dibanding *ring blower*.
- Terdiri dari dua rotor berbentuk lobus yang berputar dan memompa udara.

Kelebihan:

- Cocok untuk kebutuhan udara dalam jumlah besar dan tekanan tinggi.
- Tangguh dan kuat untuk sistem skala besar.

Kekurangan:

- Lebih berisik.
- Menggunakan oli, sehingga perlu sistem filtrasi tambahan agar udara tidak terkontaminasi.

Contoh penggunaan: Sistem RAS skala industri, aerasi biofilter besar, sistem kolam dengan padat tebar sangat tinggi.

3. Regenerative Blower



Gambar 13. Regenerativ blower

Karakteristik:

- Mirip dengan *ring blower*, tapi mampu menghasilkan tekanan dan aliran yang lebih stabil.
- Umumnya digunakan untuk sistem sirkulasi udara atau gas di industri.

Kelebihan:

- Bebas oli, bersih, dan cocok untuk budidaya ikan.
- Dapat bekerja terus-menerus tanpa henti.

Kekurangan:

- Harga lebih mahal dibanding ring blower.

4. Centrifugal Blower



Gambar 14. Centrifugal blower

Karakteristik:

- Mengandalkan gaya sentrifugal untuk menggerakkan udara.
- Umumnya digunakan untuk aplikasi dengan volume udara besar tapi tekanan rendah.

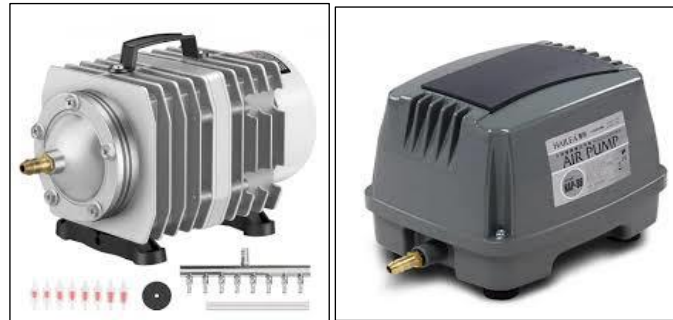
Kelebihan:

- Aliran udara besar.
- Cocok untuk ventilasi atau pendinginan area sistem RAS.

Kekurangan:

- Tidak cocok untuk tekanan tinggi.
- Lebih besar ukurannya.

5. Aquarium Air Pump / Diaphragm Blower



Gambar 15. Aquarium air pump / diaphragm blower

Karakteristik:

- Digunakan untuk sistem kecil atau unit percobaan.
- Menghasilkan udara dengan tekanan dan volume kecil.

Kelebihan:

- Murah dan hemat energi.
- Cocok untuk akuarium atau RAS skala kecil.

Kekurangan:

- Tidak cocok untuk sistem skala besar.
- Tidak tahan untuk operasi terus-menerus dalam tekanan tinggi.

Tips Memilih Blower untuk Sistem RAS

- **Skala produksi:** gunakan roots blower untuk sistem besar, dan *ring blower* untuk menengah.
- **Kebutuhan oksigen:** sesuaikan dengan jumlah ikan dan jenis ikan.
- **Kebutuhan tekanan:** biofilter atau kolam dalam membutuhkan tekanan lebih besar.
- **Kebisingan:** *ring blower* cenderung lebih senyap daripada *roots blower*.

Contoh Perhitungan Kebutuhan Blower:

Misalnya:

- Volume air total: 50 m^3
- Padat tebar ikan: 80 kg/m^3 (total biomassa: 4000 kg)
- Jenis ikan: **Lele**
- Tidak ada pure oxygen
- Tujuan: Suplai oksigen + aerasi biofilter + sirkulasi mikro

Langkah Perhitungan:

1. Kebutuhan Oksigen Lele (standar):

- Kebutuhan $\text{O}_2 = \pm 200\text{--}250 \text{ mg O}_2$ per kg ikan per jam
- Misal: $4000 \text{ kg} \times 250 \text{ mg} = 1.000.000 \text{ mg/jam} = 1 \text{ kg O}_2/\text{jam}$

2. Konversi ke aliran udara (blower):

- 1 m^3 udara pada suhu ruang mengandung $\pm 0,27 \text{ g O}_2$
- Jadi kebutuhan $= 1 \text{ kg O}_2/\text{jam} \div 0,27 \text{ g/m}^3$
 $= 3.700 \text{ m}^3$ udara per jam

3. Faktor efisiensi diffuser dan sistem (50–60% efisiensi):

- Realistik: $3700 \div 0.6 = 6.200 \text{ m}^3/\text{jam}$ udara dibutuhkan

4. Tambahan untuk aerasi biofilter (20–30% ekstra):

- Tambahkan 20%: $6.200 \times 1.2 = 7.440 \text{ m}^3/\text{jam}$

Rekomendasi Blower:

- **Ring blower** atau **roots blower** dengan kapasitas **7500 m³/jam** dan tekanan kerja **>1 meter water column (mwc)**.
- Bila pakai beberapa blower, bisa pakai **3 unit @2500 m³/jam**.

Contoh lainnya.

Bila volume air total kolam pemeliharaan untuk ikan nila sebesar 10 m³ ditebar dengan kepadatan 150 ekor/m³ dengan berat benih rata-rata 25 gram/ekor, perhitungan kebutuhan blowernya pada **Tabel 6** sebagai berikut :

Tabel 6. Data Dasar

Parameter	Nilai
Volume kolam total	10 m ³
Padat tebar	150 ekor/m ³
Total ikan	$10 \text{ m}^3 \times 150 = 1500 \text{ ekor}$
Berat rata-rata ikan	25 gram = 0,025 kg/ekor
Total biomassa ikan	$1500 \text{ ekor} \times 0,025 \text{ kg} = 37,5 \text{ kg}$

Langkah Perhitungan

1. Kebutuhan oksigen

- $\text{O}_2 = 37,5 \text{ kg} \times 250 \text{ mg/kg} // \text{jam} = 9,375 \text{ mg/jam}$
- $9,375 \text{ mg} = 9,375 \text{ g/jam} = 0,009375 \text{ kg/jam}$

2. Konversi ke aliran udara

- Kandungan O_2 di udara $\approx 279 \text{ g O}_2 / \text{m}^3 \text{ udara}$
- Aliran udara teoretis (tanpa memperhitungkan transfer):

$$\frac{9,375 \text{ g/jam}}{279 \text{ g/m}^3} = 0,0336 \text{ m}^3/\text{jam} = 33,6 \text{ L/jam}$$

3. Memperhitungkan efisiensi transfer (mis. 60%)

Aliran udara yang diperlukan $= 0,0336 \div 0,6 = 0,0560 \text{ m}^3/\text{jam}$ (= 56,0 L/jam)

4. Tambahan untuk aerasi biofilter & sirkulasi (+20%)

- $0,0560 \times (0,0560 \times 20\%) = 0,0672 \text{ m}^3/\text{jam} = 67,2 \text{ L/jam}$

Pembulatan & konversi

= 0,067 m³/jam

Dalam satuan lain: $67,2 \text{ L/jam} \approx 1,12 \text{ L/menit} \approx 0,0186 \text{ L/detik}$

Kesimpulan :

- **Kebutuhan aliran udara blower = 67,2 m³/jam**
- **Tekanan kerja minimal: $\pm 1 - 2$ meter water column (mwc)**

Rekomendasi Blower:

Untuk sistem kecil ini, bisa memakai:

Ring Blower (Side Channel)

- **Contoh:**
 - Hitachi, Resun, atau Goorui
 - Spesifikasi: 80–100 m³/jam @ 0,1–0,2 bar
 - Daya: $\pm 0.5 - 0.75 \text{ HP}$ (370–550 Watt)

Diaphragm Blower (untuk sistem kecil dan hemat listrik)

- **Contoh:** Hiblow HP-100, Secoh EL-100
- Kapasitas: 100 LPM (6 m³/jam), **perlu paralel 10–12 unit** jika pakai tipe ini

Catatan Tambahan

- Pastikan jumlah **diffuser** sesuai (misal 4–6 titik).
- Gunakan pipa utama minimal 1 inch untuk menghindari tekanan balik.
- Jika sistem berkembang, sebaiknya siapkan kapasitas *blower* sedikit lebih besar dari kebutuhan (20–30%).

Kebutuhan DO Ideal:

- Ikan: > 5 mg/L
- Bakteri nitrifikasi: > 4 mg/L
- DO < 3 mg/L → stres dan pertumbuhan terganggu

6. Diffuser

Diffuser adalah alat yang digunakan untuk **menyebarkan udara ke dalam air dalam bentuk gelembung-gelembung kecil**. Udara ini berasal dari blower atau aerator, lalu masuk ke diffuser yang akan memecah udara tersebut menjadi gelembung mikro.

Fungsi dan Kegunaan Diffuser dalam Budidaya Ikan RAS

1. Menambah Oksigen Terlarut (DO)

- Gelembung kecil yang keluar dari diffuser memiliki **luas permukaan lebih besar**, sehingga **pertukaran gas lebih efisien**.
- Ini penting karena ikan membutuhkan **oksigen terlarut (DO)** yang cukup untuk bernapas.

2. Mendukung Proses Nitrifikasi di Biofilter

- Bakteri nitrifikasi (*Nitrosomonas* & *Nitrobacter*) yang memecah amonia → nitrit → nitrat juga memerlukan oksigen.
- Diffuser di chamber biofilter membantu menjaga **lingkungan aerobik** bagi bakteri.

3. Mencegah Zona Mati di Kolam

- Udara dari diffuser menciptakan **arus sirkulasi mikro** dalam air, yang membantu mencegah penumpukan kotoran dan menjaga **pencampuran air merata**.

4. Mengurangi Gas Beracun

Dengan meningkatkan aerasi, diffuser membantu menguapkan **gas beracun** seperti **CO₂**, **H₂S**, dan **NH₃** dari air.

Tabel 7. Jenis-Jenis Diffuser yang Umum Digunakan

Jenis Diffuser	Ciri Khas	Cocok Untuk
<i>Disc diffuser</i>	Bentuk piringan, biasa dari karet EPDM	Biofilter, kolam
<i>Tube diffuser</i>	Bentuk tabung panjang	Biofilter, pengolahan limbah
<i>Airstone</i> (batu aerasi)	Kecil, dari batu atau keramik	Akuarium, RAS kecil
<i>Fine bubble diffuser</i>	Menghasilkan gelembung mikro	Efisiensi oksigen tinggi
<i>Coarse bubble diffuser</i>	Gelembung besar, arus kuat	Sirkulasi air

Sumber : Timmons & Ebeling (2013); Metcalf dan Eddy (2014)



Gambar 16. Diffuser dan batu aerasi untuk menghasilkan gelembung udara

Airlift Pump

Pompa airlift adalah jenis pompa yang menggunakan prinsip perbedaan tekanan udara atau gas untuk mengangkat cairan, seperti air, dari suatu reservoir atau kedalaman tertentu. Pompa ini bekerja dengan memanfaatkan udara terkompresi yang dimasukkan ke dalam pipa vertikal yang sebagian terendam dalam cairan. Perbedaan massa jenis antara campuran udara dan cairan dengan cairan di sekitarnya menyebabkan campuran tersebut naik ke atas melalui pipa.

Prinsip Kerja Pompa Airlift:

1. Pemasukan Udara:

Udara terkompresi dimasukkan ke dalam pipa vertikal yang sebagian terendam dalam cairan.

2. Pembentukan Campuran:

Udara bercampur dengan cairan di dalam pipa, membentuk campuran dengan massa jenis yang lebih rendah daripada cairan di sekitarnya.

3. Pengangkatan:

Karena massa jenis campuran lebih ringan, campuran tersebut terdorong ke atas oleh tekanan cairan di sekitarnya, naik melalui pipa.

4. Pemisahan:

Di bagian atas, campuran udara dan cairan terpisah, dan cairan keluar dari pipa.

Keunggulan Pompa Airlift:

- **Sederhana dan Mudah Dirawat:** pompa airlift memiliki konstruksi yang relatif sederhana dan membutuhkan sedikit perawatan.
- **Biaya Rendah:** biaya pembuatan dan perawatan pompa airlift cenderung lebih rendah dibandingkan dengan jenis pompa lain.
- **Aman dan Handal:** pompa airlift tidak memiliki bagian yang bergerak, sehingga lebih aman dan andal
- **Fleksibel:** pompa airlift dapat digunakan dalam berbagai aplikasi, termasuk mengangkat air dari sumur, mengalirkan air dalam sistem resirkulasi, pengerukan, dan lain-lain.

Kelemahan Pompa Airlift:

- **Efisiensi Rendah:** dibandingkan dengan jenis pompa lain, pompa airlift cenderung memiliki efisiensi yang lebih rendah dalam hal mengangkat cairan.
- **Ketergantungan pada Tekanan Udara:** kinerja pompa airlift sangat bergantung pada tekanan udara yang diberikan.



Gambar 17. Airlift pump

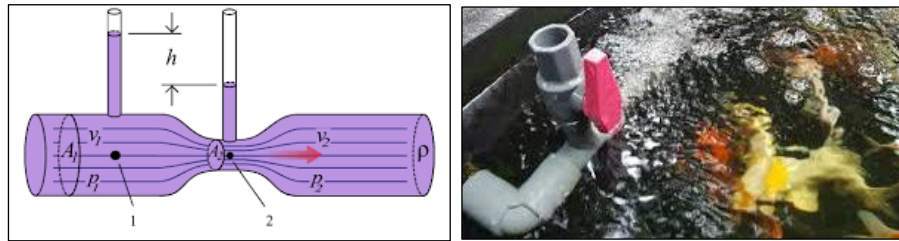
Venturi Injector

Venturi injector adalah perangkat yang memanfaatkan efek venturi untuk mencampurkan cairan atau gas ke dalam aliran fluida, biasanya air, dengan memanfaatkan perbedaan tekanan. Prinsip kerjanya adalah dengan menyempitkan aliran fluida, yang menyebabkan peningkatan kecepatan dan penurunan tekanan, sehingga menciptakan ruang hampa yang menarik zat lain untuk dicampurkan.

Penjelasan Lebih Detail:

- **Efek Venturi:**
Efek Venturi adalah penurunan tekanan fluida yang terjadi saat fluida tersebut mengalir melalui bagian yang menyempit dalam pipa.
- **Cara Kerja:**
 - Air bertekanan dialirkan melalui venturi injector, yang memiliki bagian yang menyempit (*throat*).
 - Penyempitan ini menyebabkan air mengalir lebih cepat dan tekanan air menurun.
 - Perbedaan tekanan ini menciptakan ruang hampa di bagian venturi yang menyempit.
 - Cairan atau gas yang ingin dicampurkan kemudian dihisap masuk melalui lubang khusus ke dalam aliran air yang bertekanan lebih rendah.
 - Setelah melewati bagian yang menyempit, tekanan air akan meningkat kembali, namun cairan atau gas yang terhisap sudah tercampur homogen.
- **Aplikasi:**
Venturi injector banyak digunakan dalam berbagai aplikasi, seperti:
 - **Hidroponik dan Fertigasi:** mencampur pupuk dan nutrisi cair ke dalam air untuk irigasi tetes.
 - **Pengolahan Air:** mencampurkan ozon atau bahan kimia lainnya untuk disinfeksi atau pemurnian air.
 - **Sistem Irigasi:** mencampurkan pestisida atau bahan kimia lainnya ke dalam air untuk penyemprotan tanaman.
 - **Akuakultur:** meningkatkan kadar oksigen terlarut dalam air kolam.
 - **Sistem Pengumpulan Debu:** membantu membersihkan debu dari kantong filter.
- **Keuntungan:**
Venturi injector menawarkan beberapa keuntungan, antara lain:
 - **Efisiensi:** mampu mencampurkan cairan atau gas dengan efisien.
 - **Kesederhanaan:** desainnya sederhana dan tidak membutuhkan banyak komponen bergerak, sehingga perawatannya mudah.
 - **Hemat Biaya:** biaya operasionalnya relatif rendah.

- o **Fleksibilitas:** dapat digunakan dalam berbagai aplikasi



Gambar 18. Venturi injector

Tips Desain:

- Gunakan aerator dengan **kapasitas > 1,5–2x** volume air sistem
- Letakkan difuser **di dasar biofilter dan kolam budidaya**
- Pantau DO minimal **2x sehari** (pagi & sore)

D. Unit Desinfeksi

Sistem desinfeksi sangat penting dalam kolam RAS. Desinfeksi bertujuan untuk menghilangkan atau menonaktifkan mikroorganisme berbahaya seperti bakteri, virus, dan parasit yang dapat menyebabkan penyakit pada ikan budidaya. Dalam sistem RAS, air didaur ulang, sehingga potensi kontaminasi meningkat jika tidak ada langkah pengendalian yang tepat.

Berikut adalah beberapa alasan mengapa desinfeksi penting dalam kolam RAS:

- **Mencegah Penyebaran Penyakit:**
Sistem RAS, dengan air yang didaur ulang, rentan terhadap penyebaran penyakit jika ada kontaminasi. Desinfeksi membantu mencegah penyebaran penyakit dari satu ikan ke ikan lainnya dan menjaga kesehatan populasi ikan secara keseluruhan.
- **Menjaga Kualitas Air:**
Desinfeksi membantu menjaga kualitas air dengan menghilangkan atau menonaktifkan mikroorganisme penyebab penyakit dan kontaminan lainnya. Kualitas air yang baik sangat penting untuk pertumbuhan dan kesehatan ikan.
- **Meningkatkan Efisiensi Produksi:**
Dengan mencegah penyakit dan menjaga kualitas air, desinfeksi dapat berkontribusi pada peningkatan efisiensi produksi. Ikan yang sehat akan tumbuh lebih cepat dan memiliki tingkat kelangsungan hidup yang lebih tinggi.
- **Mengurangi Penggunaan Bahan Kimia:**
Beberapa metode desinfeksi, seperti penggunaan ozon atau sinar UV, dapat mengurangi kebutuhan akan penggunaan bahan kimia yang berpotensi berbahaya bagi ikan dan lingkungan.
- **Mengurangi Risiko Kontaminasi Silang:**
Dalam sistem RAS, air didaur ulang dan digunakan kembali, sehingga desinfeksi membantu mencegah kontaminasi silang antara berbagai bagian sistem.

Beberapa metode desinfeksi yang umum digunakan dalam sistem RAS meliputi:

- **Ozonasi:**
Ozon adalah disinfektan kuat yang dapat membunuh mikroorganisme dan mengoksidasi bahan organik dalam air.

- **Sinar UV:**
Sinar UV dapat menonaktifkan mikroorganisme dengan merusak DNA mereka. Desinfeksi UV efektif dan tidak meninggalkan residu kimia.
- **Klorinasi:**
Meskipun efektif, klorinasi perlu dilakukan dengan hati-hati karena dapat menjadi racun bagi ikan jika tidak digunakan dengan benar.

Penting untuk memilih metode desinfeksi yang tepat dan menerapkannya dengan benar untuk memastikan efektivitasnya dan meminimalkan dampak negatif pada ikan dan lingkungan.



Gambar 19. UV Sterilizer (kiri) dan Ozonator (kanan)

E. Pompa dan Pipa Distribusi

Pompa dalam sistem akuakultur resirkulasi (RAS) memiliki fungsi utama untuk sirkulasi dan pemindahan air, serta mendukung sistem filtrasi. Pompa yang umum digunakan adalah pompa sentrifugal, dan kekuatan serta kapasitasnya perlu disesuaikan dengan volume kolam dan kebutuhan sistem.

Fungsi Pompa dalam RAS:

- **Sirkulasi Air:** memindahkan air dari kolam budidaya ke sistem filtrasi dan kembali lagi, memastikan distribusi oksigen merata dan pembuangan limbah.
- **Penyaluran Air ke Filter:** mengalirkan air yang mengandung sisa pakan dan kotoran ikan ke filter untuk proses pembersihan.
- **Mendukung Sistem Filtrasi:** memastikan air mengalir melalui filter dengan kecepatan yang cukup untuk proses filtrasi fisik, biologis, dan kimiawi.
- **Mengatur Aliran Air:** memungkinkan pengaturan debit air sesuai kebutuhan, termasuk pada saat flushing filter.

Jenis Pompa yang Sesuai untuk RAS:

1. Pompa Sentrifugal:

Paling umum digunakan dalam sistem RAS karena kemampuannya dalam memindahkan volume air yang besar dan tekanan yang cukup. Pompa sentrifugal adalah jenis pompa yang memanfaatkan gaya sentrifugal untuk memindahkan cairan. Impeller yang berputar dalam pompa memberikan energi kinetik pada cairan, yang kemudian didorong keluar dengan tekanan lebih tinggi, menyebabkan cairan mengalir melalui sistem perpipaan.

Prinsip Kerja:

1. Putaran Impeller:

Impeller, bagian berputar di dalam pompa, berputar dengan kecepatan tinggi.

2. Gaya Sentrifugal:

Putaran impeller menciptakan gaya sentrifugal yang mendorong cairan keluar dari pusat impeller.

3. Peningkatan Tekanan:

Cairan yang didorong keluar oleh gaya sentrifugal mengalami peningkatan tekanan dan energi kinetik.

4. Aliran Keluar:

Cairan bertekanan tinggi ini kemudian mengalir keluar dari pompa melalui saluran pembuangan.

Komponen Utama:

- **Impeller:** bagian berputar yang memberikan energi pada cairan.
- **Casing:** rumah tempat impeller berputar dan tempat aliran cairan terjadi.
- **Poros (Shaft):** tempat impeller terpasang dan terhubung dengan motor penggerak.
- **Bantalan (Bearing):** mendukung poros dan mengurangi gesekan.
- **Saluran Hisap (Suction):** tempat cairan masuk ke dalam pompa.
- **Saluran Tekan (Discharge):** tempat cairan keluar dari pompa.

Kelebihan Pompa Sentrifugal:

- **Efisiensi Tinggi:** mampu memindahkan cairan dalam jumlah besar dengan efisiensi yang baik.
- **Perawatan Mudah:** desainnya relatif sederhana, sehingga perawatannya mudah.
- **Kemampuan Menangani Berbagai Jenis Cairan:** dapat digunakan untuk berbagai jenis cairan, termasuk air, minyak, dan bahan kimia.
- **Laju Alir Tinggi:** cocok untuk aplikasi yang membutuhkan aliran cairan tinggi.

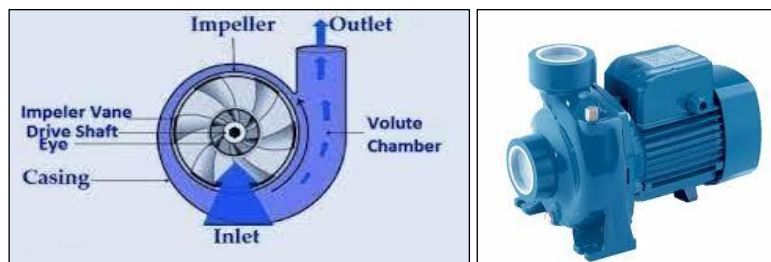
Kekurangan Pompa Sentrifugal:

- **Tidak Dapat Menghisap Sendiri (Self-Priming):** biasanya membutuhkan priming (pengisian awal dengan cairan) untuk memulai pemompaan.
- **Kurang Cocok untuk Cairan Kental:** kurang efektif jika digunakan untuk memompa cairan yang sangat kental, terutama pada laju aliran kecil.

Aplikasi:

Pompa sentrifugal digunakan secara luas dalam berbagai industri, termasuk:

- **Industri Air:** pompa air bersih, pengolahan air limbah.
- **Industri Minyak dan Gas:** pemindahan minyak mentah, pemrosesan gas.
- **Industri Kimia:** pemindahan berbagai jenis bahan kimia.
- **Pertanian:** irigasi, penyediaan air untuk peternakan.
- **Sistem Pendingin:** sirkulasi air dalam sistem pendingin.
- **Industri Makanan dan Minuman:** pemindahan bahan baku dan produk makanan.



Gambar 20. Pompa centrifugal

2. Pompa Submersible:

Beberapa sistem RAS menggunakan pompa *submersible* yang ditempatkan di dalam air untuk sirkulasi. Pompa submersible, atau pompa celup, adalah jenis pompa yang bekerja dengan cara direndam sepenuhnya dalam cairan yang akan dipompa. Berbeda dengan pompa konvensional yang hanya bagian pipa isapnya yang

masuk ke dalam air, pompa submersible menempatkan seluruh bagian pompa, termasuk motor penggeraknya, di dalam cairan.

Secara lebih detail, berikut adalah penjelasan mengenai pompa submersible:

- **Cara Kerja:**
Pompa *submersible* bekerja dengan cara mendorong cairan ke permukaan, bukan menyedot seperti pompa konvensional. Motor pompa yang terendam dalam cairan akan menggerakkan impeller (bagian pompa yang berputar) yang kemudian akan mendorong cairan keluar melalui pipa.
- **Keunggulan:**
 - **Tidak memerlukan priming:** pompa *submersible* tidak perlu diisi cairan terlebih dahulu sebelum digunakan karena terendam dalam air.
 - **Efisiensi tinggi:** pompa *submersible* cenderung lebih efisien karena tidak memerlukan energi tambahan untuk menarik cairan ke atas dari permukaan.
 - **Minim kavitasi:** kavitasi (pembentukan gelembung udara dalam cairan) jarang terjadi pada pompa *submersible* karena tekanan di dalam air lebih stabil.
 - **Operasi senyap:** pompa *submersible* cenderung lebih tenang karena berada di dalam air.
 - **Cocok untuk sumur dalam:** pompa *submersible* ideal untuk sumur dalam karena dapat bekerja pada tekanan tinggi.
- **Aplikasi:**
Pompa submersible digunakan dalam berbagai aplikasi, antara lain:
 - **Penyediaan air bersih:** pompa *submersible* digunakan untuk mengambil air dari sumur, mata air, atau sumber air lainnya untuk kebutuhan rumah tangga, pertanian, atau industri.
 - **Pengolahan air limbah:** pompa *submersible* digunakan untuk memompa air limbah dari septic tank atau instalasi pengolahan air limbah.
 - **Industri minyak dan gas:** pompa *submersible* digunakan untuk memompa minyak mentah atau gas bumi dari sumur bawah laut.
 - **Pertambangan:** pompa *submersible* digunakan untuk memompa air dari tambang atau untuk keperluan lain dalam proses pertambangan.
 - **Pencegahan banjir:** pompa *submersible* digunakan untuk memompa air dari area yang tergenang banjir.

Secara keseluruhan, pompa *submersible* adalah solusi yang efisien dan andal untuk berbagai kebutuhan pemindahan cairan, terutama dalam aplikasi yang membutuhkan pemompaan dari sumber air bawah permukaan atau dalam kondisi yang memerlukan kinerja tinggi.



Gambar 21. Pompa submersible (pompa celup)

Faktor Pemilihan Pompa:

- **Kapasitas (Debit):**
Pompa harus mampu memindahkan volume air kolam dalam waktu yang cukup singkat, idealnya dalam satu jam atau kurang.
- **Kekuatan (Head):**
Pompa harus memiliki daya angkat yang cukup untuk mengatasi perbedaan ketinggian antara kolam dan sistem filtrasi.
- **Efisiensi Energi:**
Pilihlah pompa yang hemat energi untuk mengurangi biaya operasional.
- **Daya Tahan dan Kebisingan:**
Pompa yang dirancang untuk penggunaan jangka panjang dan memiliki tingkat kebisingan rendah lebih disukai.

Contoh:

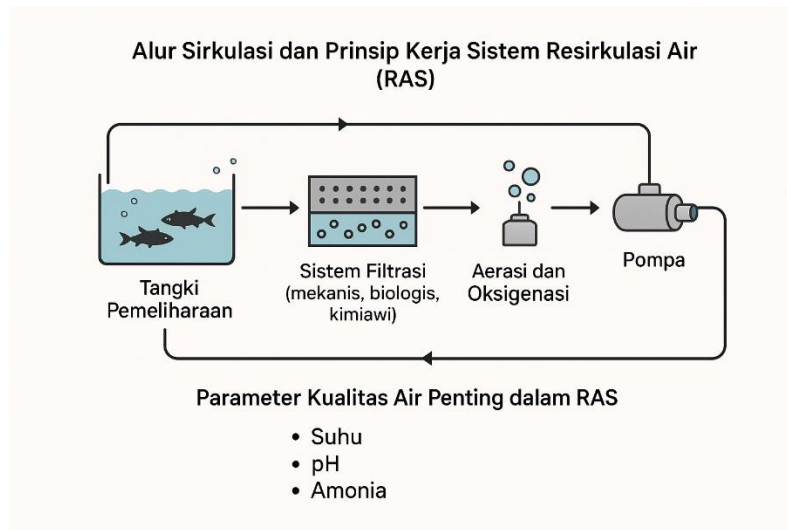
- Jika volume kolam 2500 liter, pompa dengan kapasitas minimal 2500 liter/jam disarankan. Lebih baik jika menggunakan pompa dengan kapasitas lebih besar, misalnya 5000 liter/jam untuk memastikan kotoran tersedot ke filter dalam waktu kurang dari satu jam.
- Untuk kolam kecil, pompa dengan kapasitas 400 liter bisa menjadi pilihan yang baik.

Pentingnya Sirkulasi yang Baik:

Sirkulasi air yang baik dalam RAS sangat penting untuk menjaga kualitas air, menghilangkan limbah, dan memastikan kesehatan ikan. Pompa yang tepat akan sangat membantu dalam mencapai tujuan ini.

2.2 Alur Sirkulasi dan Prinsip Kerja RAS

Berikut ini diagram alur sirkulasi sistem RAS



Gambar 22. Alur sirkulasi dan prinsip kerja RAS

Alur Kerja Sistem RAS:

1. **Air dari tangki pemeliharaan** mengalir ke sistem filtrasi mekanis → menyaring kotoran padat.
2. Air selanjutnya mengalir ke **filter biologis**, di mana bakteri mengubah **amonia (NH_3)** menjadi **nitrit (NO_2^-)** dan akhirnya menjadi **nitrat (NO_3^-)**.
3. Kemudian air diarahkan ke **unit aerasi atau oksigenasi**, untuk meningkatkan kadar oksigen terlarut.
4. Sebelum kembali ke tangki, air dapat disterilkan di **unit desinfeksi (UV atau ozon)**.
5. **Pompa** mendorong air bersih kembali ke tangki pemeliharaan.
6. Proses ini berlangsung **secara kontinu** dan terkontrol, sehingga volume air bisa dipertahankan hingga 90–95% tanpa pergantian harian.

Efisiensi Sistem:

- Penggunaan air dapat ditekan hingga hanya **5–10% dibanding sistem konvensional** (FAO, 2020).
- Sistem ini mendukung padat tebar tinggi dan stabilitas lingkungan air.

2.3 Parameter Kualitas Air Penting dalam RAS

Keberhasilan RAS bergantung pada pemantauan dan pengendalian parameter kualitas air secara berkala.

Tabel 8. Parameter Kualitas Air Untuk Budidaya Ikan Sistem RAS

Parameter	Nilai Ideal	Fungsi dan Dampak
Suhu	25–30 °C (tergantung spesies)	Berpengaruh pada metabolisme ikan dan aktivitas bakteri nitrifikasi
pH	6.5–8.0	Memengaruhi efektivitas biofilter dan kestabilan kimia air
DO (Oksigen Terlarut)	>5 mg/L	Vital untuk respirasi ikan dan mikroorganisme
Amonia (NH ₃)	<0.02 mg/L	Toksik; hasil limbah metabolisme ikan
Nitrit (NO ₂ ⁻)	<0.5 mg/L	Menurunkan kapasitas darah ikan mengikat oksigen
Nitrat (NO ₃ ⁻)	<100 mg/L	Tidak terlalu toksik, tapi perlu dikendalikan
TSS (<i>Total Suspended Solid</i>)	<25 mg/L	Mempengaruhi kejernihan air dan kinerja filter

Catatan: Nilai-nilai di atas bersifat umum dan dapat berbeda tergantung jenis ikan yang dibudidayakan

Tabel 9. Parameter Kualitas Air dalam Budidaya Udang Vanamei Sistem RAS

Parameter	Satuan	Nilai Ideal	Catatan / Dampak
Suhu	°C	28–30	Pertumbuhan optimal
Salinitas	ppt	15–25	Minimum 10 ppt untuk vanamei, optimal 15–20
DO (Oksigen terlarut)	mg/L	>5	<4 mg/L menyebabkan stres, <2 mg/L fatal
pH	-	7,5–8,2	Fluktuasi tajam dapat memicu stres dan kematian
Amonia (NH ₃ /NH ₄ ⁺)	mg/L	<0,1 (NH ₃)	NH ₃ sangat toksik pada pH tinggi & suhu tinggi
Nitrit (NO ₂ ⁻)	mg/L	<0,5	Menghambat transport oksigen dalam darah udang
Nitrat (NO ₃ ⁻)	mg/L	<100	Toleran, tapi perlu pembilasan jika akumulasi tinggi
Alkalinitas	mg/L CaCO ₃	100–200	Penyangga pH, penting untuk bakteri nitrifikasi
Kekeruhan	NTU	<25	Tinggi → sisa pakan, kotoran,

Parameter	Satuan	Nilai Ideal	Catatan / Dampak
			menyebabkan iritasi
ORP (<i>Oxidation-Reduct. Potential</i>)	mV	250–300	Indikator kesehatan ekosistem mikroba dan desinfeksi

Sumber : Timmons & Ebeling (2013), Boyd (2017)

Pemantauan dan Pengendalian

- **Frekuensi:** Suhu, pH, dan DO dicek harian; amonia dan nitrit dicek 2–3 kali seminggu.
- **Alat yang digunakan:** DO meter, pH meter, test kit amonia/nitrit, turbidimeter.



Gambar 23. DO meter (kiri) dan pH meter (kanan)



Gambar 24. Test Kit Kualitas Air

BAB III

PERENCANAAN DAN DESAIN SISTEM RAS

3.1 Faktor yang Perlu Dipertimbangkan dalam Perencanaan

Merancang sistem RAS yang efisien membutuhkan pemahaman menyeluruh terhadap aspek biologis, teknis, dan ekonomis. Beberapa faktor penting yang harus dipertimbangkan antara lain:

A. Spesies Ikan yang Dibudidayakan

Setiap spesies memiliki kebutuhan lingkungan yang berbeda (suhu, DO, pH, toleransi terhadap amonia, dan lain-lain). Misalnya:

- **Lele** (*Clarias sp.*) toleran terhadap kualitas air rendah, cocok untuk pemula.
- **Ikan hias, kerapu, atau kakap putih** butuh sistem yang lebih presisi dan stabil.



a. Nila



b. Lele

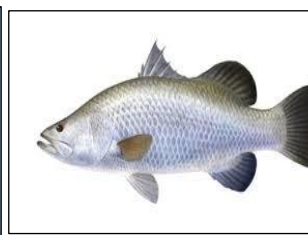


c. Koi

Gambar 25. Contoh jenis ikan air tawar dibudidayakan dengan sistem RAS



a. Kerapu



b. Kakap



c. Udang

Gambar 26. Contoh jenis biota laut dibudidayakan dengan sistem RAS

B. Kapasitas Produksi

Menentukan kapasitas produksi sangat penting untuk merancang volume tangki, ukuran biofilter, dan kapasitas pompa. Kapasitas ini dinyatakan dalam:

- Jumlah ikan (ekor) atau
- Biomassa target (kg), misalnya: 1 ton ikan/3 bulan.

Untuk menentukan kapasitas produksi pada budidaya ikan dengan sistem RAS, perlu mempertimbangkan beberapa faktor kunci seperti kepadatan tebar ikan, laju pertumbuhan, kebutuhan pakan, kualitas air, dan efisiensi sistem filtrasi.

Berikut adalah langkah-langkah umum untuk menentukan kapasitas produksi dalam sistem RAS:

1. **Tentukan jenis ikan dan target ukuran panen**
Pemilihan jenis ikan akan mempengaruhi laju pertumbuhan, kebutuhan nutrisi, dan kepadatan tebar yang optimal. Target ukuran panen juga akan menentukan berapa lama ikan akan dipelihara dalam sistem.
2. **Perkiraan kepadatan tebar**
Kepadatan tebar adalah jumlah ikan per unit volume air. Kepadatan tebar yang terlalu tinggi dapat menyebabkan stres pada ikan, penurunan kualitas air, dan peningkatan risiko penyakit. Sebaliknya, kepadatan tebar yang terlalu rendah akan mengurangi produktivitas. Kepadatan tebar yang ideal berbeda-beda tergantung pada jenis ikan, sistem RAS yang digunakan, dan pengalaman pembudidaya. Sebagai contoh, sistem RAS dapat mencapai kepadatan tebar yang jauh lebih tinggi dibandingkan dengan budidaya konvensional. Untuk ikan nila, sistem RAS dapat mencapai kepadatan tebar hingga 5000 ekor/m³, sedangkan sistem konvensional hanya sekitar 50 ekor/m².
3. **Hitung kebutuhan pakan**
Kebutuhan pakan ikan dapat diperkirakan berdasarkan laju pertumbuhan ikan, berat ikan, dan FCR (*Feed Conversion Ratio*) atau rasio konversi pakan. FCR adalah jumlah pakan yang dibutuhkan untuk menghasilkan satu kilogram berat ikan. Semakin rendah FCR, semakin efisien pakan tersebut dikonversi menjadi daging ikan. Perhitungan kebutuhan pakan juga perlu mempertimbangkan sisa pakan dan kotoran ikan yang akan mempengaruhi kualitas air.
4. **Evaluasi sistem filtrasi**
Sistem filtrasi dalam RAS harus mampu menghilangkan sisa pakan, kotoran ikan, dan amonia secara efektif. Kapasitas filter harus disesuaikan dengan volume air dalam sistem dan laju alir air. Desain filter juga perlu diperhatikan untuk memastikan efisiensi dalam menjebak dan mengendapkan kotoran.
5. **Perhatikan kualitas air**
Kualitas air yang baik sangat penting untuk kelangsungan hidup dan pertumbuhan ikan. Parameter kualitas air seperti suhu, pH, oksigen terlarut (DO), dan amonia perlu dipantau secara rutin. Pengukuran kualitas air dapat dilakukan dengan menggunakan alat ukur yang sesuai dan dilakukan secara berkala.
6. **Estimasi produksi:**
Dengan mempertimbangkan faktor-faktor di atas, Anda dapat memperkirakan kapasitas produksi sistem RAS Anda. Produksi yang dihasilkan akan sangat dipengaruhi oleh efisiensi sistem, manajemen pakan, dan kualitas air.

Contoh Perhitungan Sederhana:

- **Jenis ikan:** Ikan Nila
- **Ukuran panen:** 500 gram/ekor
- **Kepadatan tebar:** 100 ekor/m³
- **Volume kolam:** 10 m³
- **Laju pertumbuhan:** 1 gram/hari
- **FCR:** 1.5
- **Durasi pemeliharaan:** 500 hari
- **Produksi per siklus:** 10 m³ x 100 ekor/m³ = 1000 ekor. 1000 ekor x 0.5 kg/ekor = 500 kg ikan.

Perlu diingat bahwa perhitungan ini hanyalah perkiraan. Hasil yang sebenarnya mungkin berbeda tergantung pada berbagai faktor yang mempengaruhi budidaya ikan.

Tips Tambahan:

- **Konsultasikan dengan ahli**

Jika Anda baru memulai budidaya ikan dengan sistem RAS, konsultasikan dengan ahli perikanan atau teknisi yang berpengalaman untuk mendapatkan saran dan bimbingan yang tepat.

- **Lakukan uji coba**
Sebelum memulai budidaya dalam skala besar, lakukan uji coba terlebih dahulu untuk menguji sistem RAS dan menentukan parameter budidaya yang optimal.
- **Pantau dan evaluasi**
Lakukan pemantauan rutin terhadap kualitas air, pertumbuhan ikan, dan kinerja sistem RAS. Lakukan evaluasi secara berkala untuk mengidentifikasi masalah dan melakukan perbaikan yang diperlukan.

C. Sumber dan Kualitas Air

RAS memerlukan air yang cukup bersih di awal (input), karena sistem bersifat tertutup dan hanya sedikit penggantian. Air sumur lebih dianjurkan daripada air sungai/tambak terbuka karena lebih stabil.

Sumber air sumur adalah air yang berasal dari dalam tanah, yang didapatkan melalui proses penggalian atau pengeboran sumur. Sumur gali dan sumur bor adalah dua jenis sumur yang umum digunakan untuk mengambil air tanah.

Penjelasan Lebih Lanjut.

- **Air Tanah**
Air sumur adalah bagian dari air tanah, yang merupakan air yang terdapat di bawah permukaan tanah, termasuk dalam lapisan akuifer (lapisan batuan atau material berpori yang mampu menyimpan dan mengalirkan air).
- **Sumur Gali**
Sumur gali dibuat dengan cara menggali tanah secara manual hingga mencapai sumber air. Kedalaman sumur gali bervariasi, tetapi umumnya dangkal, sekitar 10-20 meter.
- **Sumur Bor**
Sumur bor dibuat dengan menggunakan mesin untuk mengebor tanah hingga mencapai lapisan akuifer. Sumur bor umumnya lebih dalam dari sumur gali dan bisa mencapai kedalaman 150 meter atau lebih, tergantung kebutuhan dan kondisi tanah.
- **Sumber Air Sumur**
Air sumur bisa berasal dari resapan air hujan atau mata air di dalam tanah.
- **Pemanfaatan Air Sumur**
Air sumur digunakan untuk berbagai keperluan, seperti kebutuhan rumah tangga (mandi, cuci, kakus), irigasi, dan industri.
- **Kualitas Air Sumur**
Kualitas air sumur dapat bervariasi tergantung pada lokasi dan kondisi tanah. Air sumur bor bisa mengandung mineral dalam konsentrasi tinggi, seperti zat besi (Fe) dan mangan (Mn).
- **Perlindungan Sumur:**
Penting untuk menjaga kebersihan sumur dan lingkungan sekitarnya untuk mencegah kontaminasi.

Jenis-Jenis Sumur

- **Sumur Gali:**
Sumur tradisional dengan kedalaman terbatas, dibuat dengan penggalian manual.

- **Sumur Bor:**
Sumur yang dibuat dengan pengeboran, biasanya lebih dalam dan memiliki debit air yang lebih besar.
- **Sumur Artesis:**
Sumur bor yang mencapai lapisan akuifer yang memiliki tekanan air tinggi, sehingga air bisa keluar tanpa dipompa.



Gambar 27. Sumber air (sumur bor)

D. Lokasi dan Ketersediaan Lahan

Desain sistem harus menyesuaikan kondisi lahan: *outdoor*, *indoor*, *rooftop*, atau semi-tertutup. Faktor pencahayaan, suhu lingkungan, dan ketersediaan listrik juga harus diperhitungkan.

Pemilihan **lokasi penempatan unit budidaya ikan sistem RAS (Recirculating Aquaculture System)** apakah **indoor** atau **outdoor** bergantung pada tujuan, skala usaha, sumber daya, dan jenis ikan yang dibudidayakan. Berikut perbandingan kelebihan dan kekurangannya agar Anda dapat menentukan yang paling sesuai.

1. RAS Indoor (Di Dalam Bangunan)

Tabel 10. Kelebihan RAS Indoor

Aspek	Penjelasan
Kontrol Lingkungan	Suhu, cahaya, kelembaban, kualitas air lebih stabil
Biosekuriti Tinggi	Lebih mudah mencegah masuknya penyakit, predator, dan pencemaran
Tidak Terganggu Cuaca	Hujan, angin, panas ekstrem tidak mempengaruhi produksi
Minim Gangguan Eksternal	Aman dari vandalisme, binatang liar, pencurian
Efisiensi Energi	Lebih mudah mempertahankan suhu air (dengan insulasi yang baik)

Sumber : Timmons & Ebeling (2013); FAO (2020)

Tabel 11. Kekurangan RAS Indoor

Aspek	Penjelasan
Biaya Investasi Tinggi	Butuh bangunan khusus, sistem pencahayaan, dan ventilasi
Butuh Sistem Sirkulasi Udara	Kelembaban dan amonia bisa menumpuk tanpa exhaust yang baik
Tidak Dapat Memanfaatkan Sinar Matahari Langsung	Tidak efisien untuk jenis ikan yang suka cahaya alami

Sumber : Badiola *et al* (2012); Timmons & Ebeling (2013)



Gambar 28. RAS Indoor

2. RAS Outdoor (Terbuka / Semi-terbuka)

Tabel 12. Kelebihan RAS Outdoor

Aspek	Penjelasan
Biaya Awal Lebih Rendah	Tidak perlu membangun struktur tertutup sepenuhnya
Memanfaatkan Cahaya Alami	Menghemat energi dan bermanfaat untuk ikan tertentu
Potensi Integrasi dengan sistem lain (contoh: aquaponik)	Lebih fleksibel

Sumber : Rakocy *et al* (2003); Timmons & Ebeling (2013); Somerville *et al* (2014)

Tabel 13. Kekurangan RAS Outdoor

Aspek	Penjelasan
Fluktuasi Suhu Tinggi	Lebih sulit menjaga suhu stabil (rentan bagi benih atau ikan sensitif)
Risiko Kontaminasi	Lebih tinggi risiko masuknya patogen dari udara, air hujan, serangga
Gangguan Predator	Burung, kucing, dan hama lebih mudah mengakses sistem
Pengaruh Cuaca	Hujan deras atau angin kencang bisa merusak infrastruktur dan kualitas air

Sumber : Timmons & Ebeling (2013); FAO (2020)



Gambar 29. RAS outdoor (Agroqu, 2023).

Rekomendasi :

Tujuan / Kondisi	Disarankan Lokasi
Produksi ikan bernilai tinggi (misal kerapu, kakap, nila merah premium)	Indoor
Lokasi di daerah dengan iklim ekstrem atau suhu fluktuatif tinggi	Indoor
Untuk SMK, kampus, pelatihan atau proyek edukatif	Indoor/Semi-indoor
Skala kecil-menengah, lokasi terbatas, anggaran terbatas	Outdoor dengan penutup UV/plastic
Daerah sejuk, tidak berpolusi, minim predator dan kontaminasi	Outdoor (dengan biosekuriti ketat)

Indoor RAS cocok untuk **produksi intensif**, menjaga **kualitas premium**, dan **minim risiko**. **Outdoor RAS** cocok untuk **usaha biaya rendah** atau di daerah yang **aman dan stabil secara iklim** dengan pengamanan tambahan.

E. Biaya Investasi dan Operasional

Sistem RAS memerlukan investasi awal yang lebih tinggi dibanding sistem konvensional. Maka, perencanaan biaya (tangki, filter, pompa, listrik, tenaga kerja) harus dipertimbangkan sejak awal agar proyek berkelanjutan.

3.2 Komponen Desain Utama dan Perhitungannya

A. Volume Tangki Pemeliharaan (Vt)

Perhitungan berdasarkan kepadatan tebar:

Target biomassa = 500 kg ikan lele (@ 1 kg/ekor → 500 ekor total).

Kepadatan tebar = 50 kg/m³.

Volume tangki = Target biomassa ÷ Kepadatan tebar.

Volume tangki = $\frac{500 \text{ kg}}{50 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} = 10 \text{ m}^3 = 10.000 \text{ L air}$

B. Debit Sirkulasi Air (Q)

Volume tangki = 10 m³

Frekuensi sirkulasi = 5 kali per hari (batas bawah rekomendasi 5–10 kali/hari)

Total volume yang disirkulasikan per hari :

Q harian = 10x5 = 50 m³/hari

Q jam = 50/24 = 2,083 m³/jam

Dibulatkan = 2,1 m³/jam = 2.100 liter/jam

C. Ukuran Biofilter

Biofilter umumnya memiliki volume **10–20% dari total volume sistem**, tergantung beban amonia dan jenis media. Sehingga untuk volume tangki 10 m³ diperlukan volume filter antara 1-2 m³ atau 1.000 -2.000 liter.

D. Desain Jalur Air dan Posisi Komponen

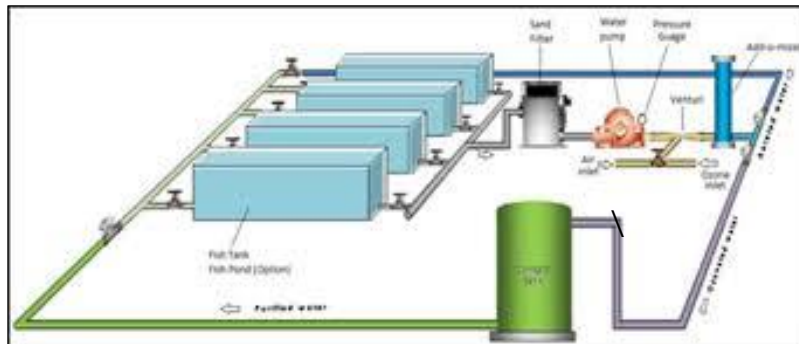
- Air dari tangki masuk ke filter mekanis
- Lanjut ke biofilter → desinfeksi (UV) → aerasi → kembali ke tangki
- Aliran sebaiknya gravitasi sejauh mungkin, untuk mengurangi beban pompa

3.3 Layout Sistem RAS untuk Berbagai Skala

A. Skala Rumah Tangga (1–2 ton per siklus)

- 2–4 tangki pemeliharaan (500–1.000 liter)
- 1 drum filter mekanis
- 1 filter biologis (MBBR atau bioball)
- Pompa akuarium 1.500–2.500 L/jam
- Biaya awal: ±15–30 juta

Cocok untuk: pelatihan, usaha ikan konsumsi lokal, budidaya ikan hias.

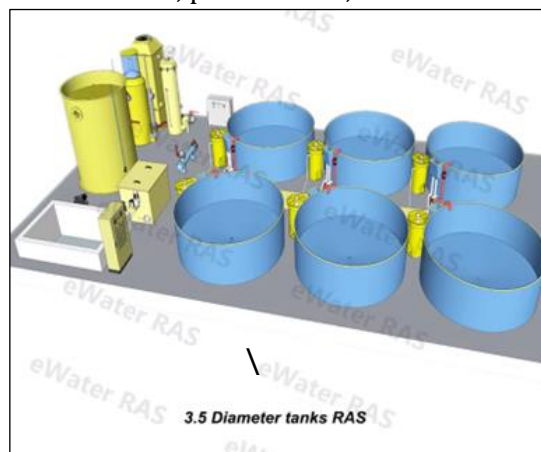


Gambar 30. Layout sistem RAS skala rumah tangga 4 tangki pemeliharaan 1.000 liter/kolam (DLHK, 2024).

B. Skala Menengah (5–10 ton per siklus)

- 4–6 tangki (1.000–3.000 liter)
- Filter drum otomatis
- Biofilter kapasitas besar
- Sistem aerasi difusi + blower
- Unit UV 30 watt, pompa 5.000–10.000 L/jam
- Biaya awal: ±60–150 juta

Cocok untuk: unit usaha skala UKM, pembenihan, edukasi.



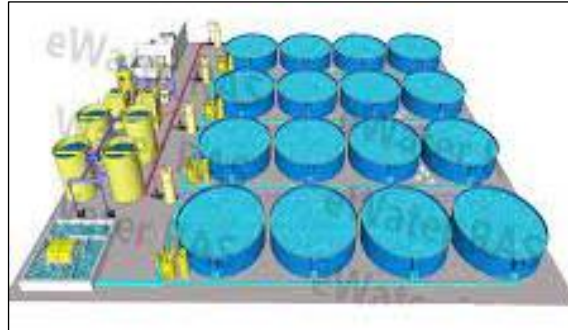
Gambar 31. Layout sistem RAS skala rumah tangga 6 tangki pemeliharaan 3.000 liter/kolam

C. Skala Komersial (≥20 ton/siklus)

- Tangki beton/fiber ≥10.000 liter
- Filter drum profesional, sistem SCADA

- Sistem redundansi (pompa cadangan, sensor otomatis)
- Desinfeksi ozon, unit pendingin/pemanas
- Kontrol otomatis berbasis digital
- Biaya awal: ≥300 juta hingga miliaran

Cocok untuk: ekspor ikan premium, urban farming vertikal, sistem intensif modern.



Gambar 32. Layout Sistem RAS skala komersial > 8 tangki pemeliharaan 20.000 liter/kolam

3.4 Studi Kasus Perencanaan Sederhana

Contoh Kasus: Budidaya Lele Sistem RAS Skala Rumah Tangga

Komponen	Spesifikasi	Perkiraan Biaya
Tangki fiber	2 unit @1.000 L	Rp 3.000.000
Pompa air	2.000 L/jam	Rp 700.000
Filter mekanis	Drum + jarring	Rp 1.000.000
Biofilter	MBBR + pompa udara	Rp 2.000.000
Aerasi	Blower 30 W	Rp 500.000
Pipa dan fitting	PVC 1,5 inch	Rp 1.000.000
Total awal	—	±Rp 8.200.000

BAB IV

PERSIAPAN PEMELIHARAAN DALAM SISTEM RAS

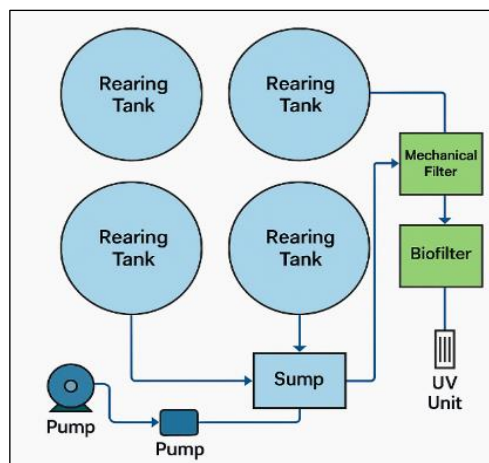
Persiapan pemeliharaan ikan dalam sistem RAS (Recirculating Aquaculture System), dimulai dari penyusunan unit hingga kolam siap ditebari benih. Tahapan ini sangat penting untuk **mencegah kegagalan awal**, memastikan sistem berjalan stabil, dan menciptakan **lingkungan akuakultur yang sehat dan efisien**.

Tahapan Persiapan Pemeliharaan Ikan dalam Sistem RAS

4.1. Setting dan Instalasi Unit RAS

A. Perencanaan Tata Letak (Layout)

- Tentukan zona: ruang kolam, filter mekanik, biofilter, tangki penampungan air (*sump*), ruang kontrol.
- Pastikan kemiringan pipa untuk **aliran gravitasi** ke filter.
- Perhatikan **akses kerja, ventilasi, pencahayaan, dan pencegahan kontaminasi silang**.



Gambar 33. Contoh tata letak unit RAS

B. Pemasangan Komponen Sistem

Tabel 14. Komponen RAS

Komponen	Fungsi
Tangki pemeliharaan (rearing tank)	Tempat ikan dibudidayakan
Filter mekanik	Menyaring kotoran padat (feses, sisa pakan)
Biofilter	Menguraikan NH_3 dan NO_2 menjadi NO_3
Pompa sirkulasi	Mengalirkan air dari sump ke sistem
Blower / aerator	Menyediakan oksigen dan membantu biofilter

Komponen	Fungsi
Tangki penampungan (sump)	Menampung air kembalian dari semua sistem
UV / ozon unit	Desinfeksi air dari mikroba patogen
Heater / chiller	Menstabilkan suhu (jika dibutuhkan)

Sumber : Summerfelt (2006); Timmons & Ebeling (2013)

Gunakan pipa **PVC tekanan tinggi**, **katup kontrol**, dan **backwash** di filter mekanik.

4.2. Persiapan dan Sterilisasi Bak

A. Pembersihan Awal

Pembersihan awal sistem RAS sangat penting untuk memastikan keberhasilan budidaya ikan. Pembersihan awal ini bertujuan untuk menghilangkan kotoran dan zat-zat organik yang mungkin masih tersisa dari proses instalasi, serta menyiapkan sistem agar dapat berfungsi optimal.

Berikut adalah langkah-langkah pembersihan awal sistem RAS:

1. Pembersihan Fisik:

- **Sistem perpipaan:** bersihkan semua pipa dan sambungan dengan air bertekanan untuk menghilangkan sisa-sisa material konstruksi atau kotoran yang mungkin menempel.
- **Tangki:** bersihkan tangki budidaya dari debu, kotoran, dan sisa-sisa material konstruksi lainnya. Gunakan sikat dan air bersih untuk membersihkan seluruh permukaan tangki.
- **Filter:** bersihkan filter mekanis dan biologis dari kotoran yang mungkin menempel. Perhatikan detail pembersihan filter biologis, karena bakteri pengurai merupakan komponen penting dalam sistem ini.
- **Peralatan:** bersihkan semua peralatan lain seperti pompa, aerator, dan alat pengukur kualitas air.



Gambar 34. Persiapan filter RAS

2. Pembersihan Kimia:

- **Desinfeksi:** Gunakan desinfektan yang aman untuk ikan dan lingkungan untuk membersihkan seluruh sistem. Ikuti petunjuk penggunaan desinfektan dengan seksama.
- **Netralisasi:** Setelah desinfeksi, pastikan untuk menetralkan sisa desinfektan agar tidak membahayakan ikan saat ditebar.

3. Pengisian dan Pengaturan Parameter Air:

- **Pengisian air:** Isi sistem dengan air bersih yang sudah diproses (misalnya, air yang sudah diendapkan atau difilter).
- **Pengaturan parameter air:** Atur parameter air seperti suhu, pH, oksigen terlarut, dan alkalinitas sesuai dengan kebutuhan spesies ikan yang akan dibudidayakan.
- **Penyinaran UV:** Jika menggunakan sistem sterilisasi UV, pastikan lampu UV berfungsi dengan baik dan siap digunakan untuk sterilisasi air.

4. Inisiasi Biofilter:

- **Inokulasi bakteri:** Inokulasi sistem dengan bakteri pengurai (bakteri nitrifikasi) yang akan membantu menghilangkan amonia dan nitrit dalam air.
- **Pemantauan:** Pantau perkembangan bakteri nitrifikasi dengan memantau parameter air secara berkala.

5. Uji Coba:

- **Uji coba sirkulasi air:** Pastikan semua komponen sistem sirkulasi berfungsi dengan baik dan tidak ada kebocoran.
- **Uji coba kualitas air:** Pastikan parameter air stabil dan sesuai dengan standar yang dibutuhkan sebelum memasukkan ikan.

Pembersihan awal yang menyeluruh akan membantu menciptakan lingkungan yang optimal bagi pertumbuhan ikan dan mencegah masalah yang mungkin timbul akibat kotoran atau zat-zat berbahaya. Bersihkan tangki, pipa, dan filter dari debu, oli, sisa produksi pabrik menggunakan **sabun netral** dan air bersih.

B. Sterilisasi Sistem

- Gunakan larutan **Klorin (NaOCl 50–100 ppm)** untuk menyeterilkan seluruh sistem (tangki, pipa, filter).
- Sirkulasikan larutan selama 12–24 jam, lalu bilas **3 kali** dengan air bersih.
- **Keringkan** minimal 24 jam agar residu klorin menguap.

Sterilisasi sistem dalam unit **Recirculating Aquaculture System (RAS)** adalah tahap *krusial* dalam persiapan budidaya untuk **menghilangkan agen patogen**, mencegah penyakit, dan menciptakan lingkungan awal yang aman bagi ikan. Berikut penjelasan **tujuan dan langkah-langkah sterilisasi sistem RAS secara menyeluruh (Tabel 15)**

Tabel 15.Tujuan Sterilisasi

Tujuan	Penjelasan
Menghilangkan Mikroorganisme Patogen	Termasuk bakteri, virus, jamur, dan protozoa yang menempel di permukaan sistem
Mencegah Infeksi Awal	Ikan yang baru ditebar rentan terhadap penyakit — sterilisasi mencegah infeksi
Meningkatkan Survival Rate	Lingkungan steril membantu ikan beradaptasi lebih cepat dan menurunkan stress
Membersihkan Kontaminan Kimia	Sisa oli, bahan kimia, atau senyawa beracun dari instalasi baru atau sistem lama
Mengulang Siklus Baru	Untuk pemeliharaan siklus baru pasca panen atau saat pergantian populasi ikan

Langkah-Langkah Sterilisasi Sistem RAS

1. Pembersihan Awal (Physical Cleaning)

- Bersihkan semua bagian sistem (kolam, pipa, biofilter, filter mekanik, tangki sump) menggunakan **sabun netral** atau **detergen non-fosfat**.
- Gunakan sikat dan semprotan air bertekanan.
- Buang semua sisa kotoran, biofilm, dan endapan lumpur.

2. Pengeringan

- Keringkan seluruh bagian sistem selama **12–24 jam**.
- Pengeringan membantu mengurangi mikroba anaerob dan mempercepat degradasi klorin jika digunakan.

3. Sterilisasi Kimia

a. Klorin (NaOCl)

- Dosis: **50–100 ppm klorin aktif**
- Cara:
 - Larutkan larutan klorin dalam air, sirkulasi ke seluruh sistem.
 - Biarkan selama **12–24 jam**.
 - Setelah selesai, **bilas sistem minimal 3 kali** hingga bebas bau klorin.

b. Alternatif Disinfektan Lain:

Bahan	Konsentrasi	Keterangan
Kalium permanganat (KMnO ₄)	2–5 ppm	Efektif terhadap mikroorganisme dan biofilm
Hidrogen peroksida (H ₂ O ₂)	30–50 ppm	Dekomposisi menjadi air dan oksigen
Biosanitizer organik (mis. PAA)	Sesuai label produk	Lebih aman untuk lingkungan, cocok untuk <i>food-grade</i>

Catatan Penting: Jangan mencampur bahan disinfektan tanpa panduan karena bisa menghasilkan gas beracun.

4. Pembilasan (Rinsing)

- Sirkulasikan air bersih ke seluruh sistem.
- Buang air bilasan.
- Ulangi minimal **3 kali** hingga pH dan bau netral.

5. Uji Residu Disinfektan

- Gunakan test kit klorin bebas atau test strip.
- Pastikan **tidak ada residu klorin** sebelum menambahkan air kultur atau menebar benih.

6. Pengeringan dan Pengisian Ulang

- Keringkan seluruh sistem (opsional untuk desinfeksi pasif tambahan).
- Isi ulang air bersih dan lanjutkan ke tahapan **maturasi biofilter** (*biofilter cycling*).

Waktu Ideal untuk Sterilisasi:

- Sebelum siklus baru dimulai
- Setelah panen atau saat terjadi wabah penyakit
- Bila sistem tidak digunakan dalam waktu lama

C. Persiapan Air Sistem

Persiapan air pada budidaya ikan sistem resirkulasi akuakultur (RAS) melibatkan beberapa tahapan penting untuk memastikan kualitas air yang optimal bagi

pertumbuhan ikan. Persiapan ini mencakup pengolahan air, pengaturan parameter air, dan filtrasi yang efektif.

Berikut adalah langkah-langkah persiapan air pada budidaya ikan sistem RAS:

1. Pengolahan Air:

- **Sumber Air:**

Pilih sumber air yang berkualitas baik, seperti air sumur atau air PAM yang telah diendapkan. Hindari penggunaan air sungai atau danau yang mungkin mengandung polutan atau mikroorganisme berbahaya. Pengisian air pada budidaya ikan sistem Resirkulasi Akuakultur (RAS) dilakukan secara bertahap dan dengan memperhatikan kualitas air. Sistem RAS memungkinkan penggunaan air yang terus-menerus dengan proses penyaringan dan pembersihan. Pengisian awal dilakukan untuk mengisi sistem, kemudian dilakukan pemantauan kualitas air secara berkala dan penambahan air dilakukan untuk mengganti air yang hilang karena penguapan atau pembersihan sistem.

- **Penyaringan Awal:**

Lakukan penyaringan awal untuk menghilangkan partikel kasar dan kotoran yang mungkin terbawa dari sumber air.

- **Penyesuaian pH:**

Pastikan pH air sesuai dengan kebutuhan ikan yang dibudidayakan. pH yang ideal untuk kebanyakan ikan air tawar berkisar antara 6,5 hingga 8,0.

- **Penghilangan Klorin:**

Jika menggunakan air PAM, pastikan klorin telah dihilangkan melalui proses aerasi atau penambahan bahan kimia yang aman.

2. Pengaturan Parameter Air:

- **Suhu:**

Pertahankan suhu air yang stabil dan sesuai dengan jenis ikan yang dibudidayakan. Suhu ideal dapat bervariasi tergantung pada spesies ikan.

- **Oksigen Terlarut (DO):**

Pastikan kadar oksigen terlarut mencukupi untuk kebutuhan ikan. Aerasi yang cukup perlu dilakukan untuk menjaga kadar DO tetap tinggi.

- **Amonia dan Nitrit:**

Ammonia dan nitrit adalah produk limbah metabolisme ikan yang bersifat toksik. Sistem RAS harus dilengkapi dengan filter biologis untuk mengolah zat-zat ini menjadi zat yang tidak berbahaya.

- **Kecerahan Air:**

Kecerahan air juga perlu diperhatikan. Air yang terlalu keruh dapat menghambat fotosintesis fitoplankton yang penting bagi ekosistem kolam.

3. Penyesuaian Parameter Awal Air

Tabel 16. Penyesuaian Parameter Awal Air

Parameter	Nilai Ideal Awal
pH	6.8 – 7.5
Suhu	26–30°C (ikan tropis)
DO (oksigen)	> 5 mg/L
Total Hardness	50–150 ppm (CaCO ₃)
Salinitas (untuk udang)	10–20 ppt

Sumber : Timmons & Ebeling (2013)

Bila air PDAM mengandung klorin, lakukan **dechlorinasi** dengan aerasi 24 jam atau penambahan vitamin C (sodium thiosulfat).

4. Uji Sistem Tanpa Ikan

Uji sistem tanpa ikan (**Tabel 17**) atau disebut juga **uji operasional sistem RAS (Recirculating Aquaculture System) tanpa ikan** adalah tahapan **simulasi awal** yang wajib dilakukan **sebelum penebaran benih**, untuk memastikan bahwa seluruh sistem bekerja **dengan aman, stabil, dan efisien**. Uji ini dilakukan setelah proses **instalasi dan sterilisasi** selesai, namun **sebelum biofilter dimatangkan** atau **sebelum ikan dimasukkan**.

Tabel 17. Tujuan Uji Sistem Tanpa Ikan

Tujuan	Penjelasan
Memastikan seluruh komponen berfungsi	Cek pompa, blower, sensor, aliran air, dan sistem filtrasi
Menguji jalur sirkulasi air	Apakah semua jalur pipa lancar, tidak bocor, dan tidak tersumbat
Mendeteksi kebocoran atau malfungsi awal	Mencegah kerusakan atau kerugian ketika ikan sudah ditebar
Mengkalibrasi sistem kontrol dan sensor	Sensor pH, DO, suhu, dan lainnya diuji untuk akurasi
Melihat kondisi air dalam keadaan dinamis	Untuk mengecek perubahan suhu, DO, pH, dan parameter lain saat sistem jalan
Memverifikasi efisiensi filtrasi dan aliran	Apakah debit air sesuai desain, dan filter mampu menangani volume
Simulasi operasional harian	Termasuk simulasi pemadaman, backwash filter, sistem emergency

Cara Melakukan Uji Sistem Tanpa Ikan

1. Isi Sistem dengan Air Bersih

- Gunakan air bersih (sumur/PDAM) tanpa klorin aktif.
- Isi seluruh bagian sistem hingga mencapai level kerja (termasuk kolam, sump, biofilter).

2. Nyalakan Semua Komponen Sistem

Komponen	Yang Harus Dicek
Pompa	Aliran stabil, tidak berisik
Blower / aerasi	Gelembung merata, tekanan cukup
UV / ozon	Lampu menyala, sistem aktif
Biofilter	Air masuk dan keluar dengan lancar
Filter mekanik	Backwash dan saringan berfungsi

3. Periksa Debit Air dan Aliran

- Gunakan flow meter atau ukur manual (liter/menit).
- Cek apakah seluruh kolam mendapat air dan aerasi merata.
- Pastikan air mengalir **dari kolam → filter → biofilter → sump → kolam kembali** tanpa hambatan.

4. Uji Parameter Air Secara Harian (Selama 3-7 Hari)

Parameter	Target Ideal
Suhu	26-30°C
pH	Stabil di kisaran 6.8-7.5
DO (oksigen)	> 5 mg/L
Debit aliran	Sesuai desain (mis. 5x turnover/hari)

Catat hasil uji parameter harian untuk melihat kestabilan sistem.

5. Simulasi Gangguan Teknis

- Matikan pompa listrik selama 10–15 menit → amati apakah *overflow* terjadi atau sistem backup bekerja.
- Uji sistem alarm (jika ada): misalnya sensor DO rendah atau mati lampu.

6. Uji Backwash dan Maintenance

- Coba proses pembersihan filter (*drum filter* atau *settling tank*).
- Uji proses pembuangan air lumpur (*sludge drain*) dan pemulihannya.

Durasi Uji Sistem

- Disarankan dilakukan **minimal 3 hari**, idealnya **5–7 hari berturut-turut**, dengan kondisi mendekati operasional sebenarnya (termasuk pencahayaan, suhu ruangan, dan aerasi penuh).

Catatan Tambahan:

- Bila sistem mencakup **biofilter**, maka setelah uji sistem selesai, dilanjutkan ke tahap **maturasi biofilter (cycling)**.
- Jangan langsung menebar benih sebelum uji sistem menunjukkan parameter stabil dan **tidak ada kebocoran/malfungsi**.
- Nyalakan semua pompa dan aerasi.
- Uji aliran air di semua jalur (pastikan tidak bocor atau tersumbat).
- Cek fungsi sistem: ketinggian air, kecepatan aliran, dan sistem backwash.

D. Maturasi Biofilter (Biofilter Cycling)

Maturasi biofilter dalam sistem **RAS (Recirculating Aquaculture System)** adalah proses **penumbuhan dan pengaktifan mikroorganisme nitrifikasi** di media biofilter hingga sistem siap mengolah limbah nitrogenik (terutama **amonia/NH₃**) dari sisa metabolisme ikan.

Ini adalah **tahapan vital sebelum ikan ditebar**, karena biofilter yang belum matang akan gagal mengolah limbah amonia dan menyebabkan **keracunan pada ikan** dalam waktu singkat.

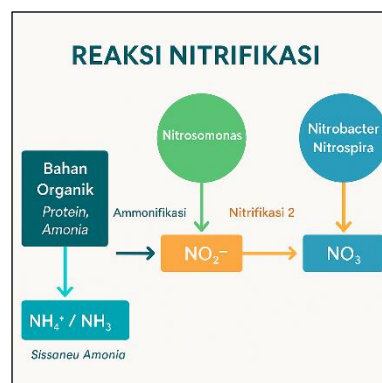
Apa Itu Biofilter dan Mikroba Nitrifikasi?

Biofilter adalah komponen dalam sistem RAS yang berfungsi untuk mengubah limbah nitrogen beracun (NH₃/NH₄⁺) menjadi senyawa yang **kurang beracun**, melalui proses **nitrifikasi biologis**.

Reaksi Nitrifikasi:

1. **Amonia (NH₃ / NH₄⁺) → Nitrit (NO₂⁻)** oleh bakteri **Nitrosomonas**
2. **Nitrit (NO₂⁻) → Nitrat (NO₃⁻)** oleh bakteri **Nitrobacter**

Nitrat relatif lebih aman bagi ikan dan dapat dikendalikan dengan penggantian air atau denitrifikasi.



Gambar 35. Reaksi nitrifikasi

Tabel 18. Tujuan dan Alasan Perlunya Pematangan Biofilter

Tujuan	Penjelasan
Mencegah Keracunan Amonia	Amonia bersifat sangat toksik bagi ikan, terutama dalam pH tinggi dan suhu hangat
Menumbuhkan Populasi Bakteri Nitrifikasi	Agar sistem mampu mengolah limbah nitrogen dalam jumlah besar secara terus-menerus
Menstabilkan Parameter Kualitas Air	Biofilter yang matang menjaga pH, nitrit, dan amonia tetap dalam ambang aman
Menjamin Kelangsungan Hidup Ikan	Mortalitas ikan tinggi sering disebabkan oleh pemaksaan sistem yang belum siap
Mempersiapkan Sistem Secara Biologis	Tanpa ikan pun, sistem harus mampu berjalan biologis seperti kondisi sebenarnya

Cara Pematangan Biofilter Secara Praktis

1. Persiapan

- Pastikan sistem sudah bersih, air bersih terisi penuh, dan semua pompa serta aerasi aktif.
- Media biofilter (bioball, kaldnes, zeolit, dll) sudah terpasang dan tersirkulasi air.

2. Tambahkan Sumber Amonia (Nutrisi Mikroba)

Sumber Amonia	Dosis/Praktik
Pakan ikan (tanpa ikan)	± 10–15 g/hari/1.000 L
Amonium klorida (NH_4Cl)	2–4 ppm amonia total dalam sistem
Urin/sumber organik terkontrol	Hati-hati, gunakan jika tidak ada kimia

3. Tambahkan Starter Mikroba Nitrifikasi

- Gunakan kultur bakteri nitrifikasi komersial (misalnya dari *Bacillus*, *Nitrosomonas*, *Nitrobacter*).
- Alternatif: gunakan biofilter dari sistem lama yang sudah aktif sebagai inokulum.

4. Monitor Parameter Setiap Hari

Parameter	Target dalam 1–2 minggu	Keterangan
NH_3	Naik awal, lalu turun < 0,1 mg/L	Menunjukkan mikroba mulai aktif
NO_2^-	Naik lalu turun < 0,5 mg/L	Proses tahap 2 nitrifikasi berjalan
NO_3^-	Terus naik	Nitrat terbentuk, aman bagi ikan
pH	Sedikit turun (aktivitas asam)	Jaga di 6,8–7,5
Suhu	Optimal 26–30°C	Mikroba bekerja paling baik
DO	> 5 mg/L	Nitrifikasi bersifat aerobik

Lama Proses Pematangan

- Biasanya membutuhkan **7–14 hari**
- Bisa lebih cepat dengan starter yang kuat, suhu optimal, dan aerasi cukup

Tanda Biofilter Belum Matang

- NH_3 tetap tinggi (> 1 mg/L)

- NO_2^- tidak muncul atau terus tinggi ($> 1 \text{ mg/L}$)
- NO_3^- belum terbentuk
- pH turun drastis, bau air tidak sedap

Jika langsung tebar benih sebelum biofilter matang → **keracunan amonia/nitrit**, stress berat, dan **kematian massal**.

5. Pengujian Akhir Sebelum Penebaran

Pengujian akhir sebelum penebaran benih ikan dalam sistem RAS (**Recirculating Aquaculture System**) adalah **langkah terakhir dan sangat krusial** sebelum sistem dimasukkan makhluk hidup (ikan/udang). Tujuan utamanya adalah untuk memastikan **seluruh komponen biologis, fisik, dan kimia sistem benar-benar siap** mendukung kehidupan ikan tanpa risiko stres, keracunan, atau kematian massal.

Tabel 19. Tujuan Pengujian Akhir Sebelum Penebaran Benih

Tujuan	Penjelasan
Menjamin Stabilitas Sistem	Sistem harus mampu beroperasi stabil 24/7 tanpa fluktuasi parameter kritis
Verifikasi Matangnya Biofilter	Pastikan amonia dan nitrit sudah dapat dikendalikan oleh bakteri nitrifikasi
Validasi Kualitas Air	Semua parameter (pH, DO, suhu, toksin) harus masuk kisaran ideal untuk benih
Uji Operasional Penuh Sistem	Pompa, blower, aerasi, filter, sensor, dan saluran drain harus bekerja baik
Mencegah Kematian Dini (early mortality)	Ikan muda sangat rentan, perlu lingkungan yang benar-benar aman
Mengurangi Stres pada Ikan	Lingkungan stabil mendukung adaptasi, nafsu makan, dan pertumbuhan awal



Gambar 36. Maturasi biofilter agar kinerja filter RAS lebih efektif

Apa Saja yang Harus Diuji Sebelum Penebaran Benih

1. Parameter Kualitas Air

Parameter	Nilai Ideal*	Keterangan
Suhu	26–30°C	Stabil, tergantung jenis ikan
pH	6.8–7.5	Tidak fluktuatif >0.5 unit/hari
DO (Oksigen)	> 5 mg/L	Aerasi harus optimal
Amonia (NH ₃ /NH ₄ ⁺)	< 0.1 mg/L	Biofilter sudah matang
Nitrit (NO ₂ ⁻)	< 0.3–0.5 mg/L	Hindari stres dan keracunan
Nitrat (NO ₃ ⁻)	< 100 mg/L	Masih aman bagi ikan
Salinitas (jika udang)	Sesuai spesies	Misal: 10–15 ppt untuk vanamei
Kekeruhan (TSS)	< 20 NTU	Air jernih → filter mekanik baik

Nilai dapat sedikit berbeda tergantung spesies ikan (nila, lele, kakap, vanamei, dll)

2. Uji Biologis Sistem (Biofilter)

- Pantau selama minimal 3 hari terakhir:
 - NH₃ naik → cepat turun
 - NO₂⁻ tidak melebihi ambang aman
 - NO₃⁻ konsisten naik → menandakan siklus biologis berjalan
- Gunakan test kit amonia/nitrit/nitrat setiap hari.

3. Uji Peralatan Operasional

Komponen	Uji yang Dilakukan
Pompa	Aliran stabil, tidak panas, tidak bocor
Blower/aerasi	Tekanan cukup, tidak berisik, diffuser normal
UV/ozon	Daya nyala aktif, sistem aman
Sensor pH/DO	Sudah dikalibrasi, responsif terhadap perubahan
Alarm/system backup	Berfungsi saat simulasi mati listrik
Backwash filter	Lancar, valve tidak macet

4. Simulasi Aliran dan Perputaran

- Cek waktu **turnover rate** (berapa kali seluruh volume air tersirkulasi dalam 1 jam/hari).
- Simulasi beban pakan ringan tanpa ikan (misal tambahkan pakan 5 g/hari → amati respons biofilter).

5. Pengamatan Visual

- Apakah ada bau menyengat?
- Apakah air berbusa atau berwarna pekat?
- Apakah media filter berfungsi baik (tidak tersumbat, tidak stagnan)?
- Cek kebersihan sistem, dinding kolam, jalur pipa, dan permukaan air.

Risiko Jika Tidak Dilakukan Pengujian Akhir

Risiko	Dampak
Keracunan amonia atau nitrit	Kematian mendadak dalam 24–48 jam
Stres dan nafsu makan menurun	Pertumbuhan lambat, infeksi sekunder

Risiko	Dampak
Overload sistem	Filter bisa jenuh, aerasi kolaps, sistem tidak mampu menampung limbah
Wabah penyakit dini	Karena stres, sistem imun ikan menurun
Biaya rugi awal tinggi	Biaya perbenihan dan recovery mahal, moral operator jatuh

Checklist Pra-Tebar Benih (Contoh Singkat)

Item	Status (✓/X)	Catatan
Biofilter matang	✓	NO ₂ < 0.5 mg/L
NH ₃ dan NH ₄ < 0.1 mg/L	✓	
Sistem pompa lancar	✓	
Aerasi optimal	✓	Gelembung halus merata
Sensor dan alarm aktif	✓	
Air bersih, tidak berbau	✓	
Suhu stabil	✓	

BAB V

PENEBARAN BENIH

Penebaran benih dalam sistem **RAS (Recirculating Aquaculture System)** adalah tahapan **kritis awal siklus produksi**, karena benih akan menghadapi lingkungan baru dengan sirkulasi air tertutup dan padat tebar tinggi. Kegagalan dalam tahapan ini sering berdampak pada **kematian dini, pertumbuhan tidak seragam, stres kronis, dan munculnya penyakit**.

Agar benih tumbuh optimal dan sehat, perlu dilakukan serangkaian **tindakan selektif, adaptif, dan preventif** sejak **pemilihan benih hingga adaptasi ke sistem RAS**.

5.1. Kriteria Benih Ikan yang Baik untuk Sistem RAS

Kriteria	Penjelasan
✓ Sehat dan aktif	Renang lincah, tidak diam di dasar atau permukaan
✓ Ukuran seragam	Menghindari kanibalisme dan dominasi ikan besar terhadap kecil
✓ Tidak cacat fisik	Tidak ada luka, sirip rusak, atau perut buncit
✓ Nafsu makan baik	Merespons pakan saat uji makan
✓ Bebas penyakit	Tidak ada bintik, luka, bercak putih, atau lendir berlebih
✓ Riwayat jelas	Asal hatchery terpercaya, bebas penyakit sistemik (misal: SDD, TiLV, dll)

Ukuran benih ideal untuk ditebar di RAS:

- **Nila/lele:** 10–25 gram
- **Kakap/vanamei:** PL 10–PL 20 atau 1–2 gram



Gambar 37. Penebaran benih nila sistem RAS

5.2. Karantina dan Aklimatisasi Benih (Wajib di RAS)

Karantina benih ikan kakap sebelum ditebar ke sistem budidaya RAS sangat penting untuk memastikan kesehatan benih dan keberhasilan budidaya. Karantina ini bertujuan untuk mencegah masuknya penyakit dan hama dari benih ke dalam sistem

RAS, yang dapat menyebabkan masalah serius pada populasi ikan dan bahkan kegagalan budidaya.

1. Tujuan Karantina:

- Mendeteksi gejala penyakit tersembunyi
- Menurunkan stres akibat transportasi
- Mencegah masuknya patogen ke sistem utama

2. Prosedur Karantina

Tahapan	Penjelasan
Tangki khusus	Sirkulasi terpisah dari RAS utama, aerasi kuat
Durasi	3–5 hari (bisa 7 hari jika perlu)
Pemberian pakan	Pakan ringan, 1x per hari, uji nafsu makan
Penambahan probiotik	Untuk menekan bakteri patogen pada air dan saluran pencernaan
Observasi visual	Catat gejala, perilaku, dan aktivitas ikan setiap hari
Sampling mikroskopis	Cek insang, kulit, dan lendir jika memungkinkan (untuk hatchery besar)



Gambar 38.Proses karantina benih Ikan

3. Penyesuaian Suhu dan pH (Aklimatisasi Fisik)

a. Adaptasi Suhu:

- Rendam kantong benih di kolam RAS selama 15–20 menit
- Tujuan: mencegah kejutan suhu (*thermal shock*)

b. Adaptasi pH dan salinitas (jika udang):

- Tambahkan air RAS sedikit demi sedikit ke wadah benih selama 30–60 menit
- Lakukan 3–5 kali penambahan hingga benih benar-benar adaptif

c. Teknik Penebaran yang Baik

Langkah	Penjelasan
Waktu ideal	Pagi atau sore (suhu stabil, oksigen cukup)
Volume air dalam kolam	Pastikan sudah sesuai level operasional
Aerasi aktif	Gelembung merata, terutama di area penebaran
Benih ditebar perlahan	Hindari dituang langsung dari ketinggian
Amati selama 1 jam pertama	Lihat pola renang, penyebaran, dan apakah ada ikan mengambang/tidak aktif

d. Perlakuan Tambahan (Opsional tapi Disarankan)

Perlakuan	Tujuan	Cara Aplikasi
Probiotik	Menekan bakteri patogen, jaga saluran cerna	Tambahkan ke air & campur ke pakan

Perlakuan	Tujuan	Cara Aplikasi
Imunostimulan herbal	Meningkatkan daya tahan tubuh benih	Campur dalam pakan atau rendaman
Vitamin C / E	Mengurangi stres oksidatif	Campurkan dalam pakan (powder)
Garam (NaCl 5–10 ppt)	Antiseptik alami, anti stres ringan	Dapat ditambahkan ke air karantina

Checklist Penebaran Benih di Sistem RAS

Item	Status (✓/X)
- Biofilter sistem sudah matang	
- Parameter air stabil dan dalam kisaran aman	
- Benih sehat, aktif, dan bebas penyakit	
- Sudah dilakukan karantina 3–5 hari	
- Aklimatisasi suhu dan pH dilakukan	
- Aerasi optimal selama dan setelah tebar	
- Pakan awal tersedia sesuai ukuran benih	

BAB VI

MANAJEMEN KUALITAS AIR DALAM SISTEM RAS

6.1. Pentingnya Manajemen Kualitas Air

Dalam sistem budidaya tertutup seperti RAS, **air merupakan media utama kehidupan**, tempat berlangsungnya metabolisme ikan dan pertumbuhan mikroorganisme. Karena air tidak diganti secara penuh seperti pada sistem tradisional, maka **pengelolaan kualitas air menjadi aspek paling krusial** agar ikan dapat tumbuh sehat, produktif, dan tidak stres.

Sistem RAS mengandalkan **sirkulasi, filtrasi, dan kontrol** terhadap parameter-parameter kualitas air secara kontinu. Ketidakseimbangan salah satu parameter saja dapat menyebabkan penurunan pertumbuhan, serangan penyakit, bahkan kematian massal.

6.2. Parameter Kualitas Air yang Penting dan Batas Ideal

Parameter	Nilai Ideal	Keterangan
Suhu	25–30 °C (umum)	Tergantung jenis ikan, memengaruhi metabolisme
pH	6.5 – 8.0	Terlalu rendah/tinggi mengganggu keseimbangan kimia
DO (Oksigen Terlarut)	>5 mg/L	Rendah → stres, nafsu makan turun
Amonia ($\text{NH}_3/\text{NH}_4^+$)	<0.02 mg/L	Toksik meskipun dalam kadar rendah
Nitrit (NO_2^-)	<0.5 mg/L	Dapat menyebabkan brown blood disease
Nitrat (NO_3^-)	<100 mg/L	Kurang toksik, tapi harus dikendalikan
TSS (Total Suspended Solid)	<25 mg/L	Tinggi → menurunkan kejernihan air, memperberat filter
Alkalinitas	100–150 mg/L CaCO_3	Buffer pH dan mendukung nitrifikasi

Sumber : Timmons & Ebeling (2013)

Catatan: Nilai ideal tergantung jenis ikan dan sistem. Parameter di atas adalah acuan umum untuk ikan air tawar dalam RAS.

6.3. Strategi Pemantauan dan Pengendalian

Pemantauan (*monitoring*) kualitas air pada kolam RAS sangat penting untuk menjaga kesehatan ikan dan keberhasilan budidaya. Pemantauan ini melibatkan pengukuran

parameter fisik dan kimia air secara rutin, seperti suhu, pH, oksigen terlarut (DO), amonia, nitrit, dan nitrat.

Parameter Kualitas Air yang Perlu Dipantau:

- **Suhu:**
Suhu air yang ideal untuk budidaya ikan bervariasi tergantung jenis ikan, namun umumnya berkisar antara 25-30°C.
- **pH:**
pH air mempengaruhi ketersediaan nutrisi dan aktivitas bakteri dalam sistem RAS. pH yang ideal untuk sebagian besar ikan air tawar adalah antara 6.5-8.5.
- **Oksigen Terlarut (DO):**
Oksigen terlarut penting untuk respirasi ikan. Kadar DO yang ideal biasanya di atas 5 mg/L.
- **Amonia (NH₃/NH₄⁺):**
Amonia adalah produk limbah metabolisme ikan. Konsentrasi amonia yang tinggi dapat beracun bagi ikan. Pengukuran amonia penting untuk memastikan tidak terjadi penumpukan yang berbahaya.
- **Nitrit (NO₂⁻):**
Nitrit adalah produk sampingan dari oksidasi amonia. Nitrit juga dapat beracun bagi ikan. Monitoring nitrit penting untuk mencegah akumulasinya.
- **Nitrat (NO₃⁻):**
Nitrat adalah produk akhir dari siklus nitrogen dalam sistem RAS. Nitrat umumnya kurang beracun dibandingkan amonia dan nitrit, namun konsentrasi nitrat yang tinggi dapat menyebabkan masalah pertumbuhan ikan dan pertumbuhan ganggang.

A. Metode Monitoring Kualitas Air:

- **Pengukuran Manual:**
Parameter seperti suhu dan pH dapat diukur menggunakan termometer dan pH meter. Pengukuran amonia, nitrit, dan nitrat dapat dilakukan menggunakan kit uji atau alat pengukur spesifik.
- **Sistem Monitoring Otomatis:**
Sistem monitoring otomatis menggunakan sensor yang terhubung ke mikrokontroler atau perangkat lain untuk mengumpulkan data kualitas air secara real-time. Data ini kemudian dapat ditampilkan pada layar atau dikirim ke perangkat lain seperti komputer atau ponsel.
- **Sistem Monitoring Berbasis IoT:**
Sistem monitoring berbasis *Internet of Things* (IoT) memungkinkan pemantauan jarak jauh melalui aplikasi seluler atau web, dan dapat diintegrasikan dengan sistem kontrol untuk mengatur parameter kualitas air secara otomatis.

Pentingnya Monitoring Kualitas Air:

- **Kesehatan Ikan:**
Pemantauan kualitas air secara rutin membantu mendeteksi masalah kualitas air sejak dini, sehingga tindakan perbaikan dapat segera dilakukan untuk mencegah dampak buruk pada kesehatan ikan.
- **Efisiensi Budidaya:**
Dengan memantau kualitas air, pembudidaya dapat mengoptimalkan kondisi lingkungan budidaya untuk pertumbuhan ikan yang lebih baik dan mengurangi risiko kerugian akibat kematian ikan.
- **Pengendalian Hama dan Penyakit:**

Kualitas air yang buruk dapat memicu penyebaran hama dan penyakit pada ikan. Monitoring kualitas air membantu mencegah masalah ini dengan menjaga kondisi lingkungan tetap optimal.

- **Efisiensi Penggunaan Pakan:**
Parameter kualitas air yang optimal dapat meningkatkan efisiensi penggunaan pakan, karena ikan dapat memanfaatkan pakan dengan lebih baik untuk pertumbuhan.

Dengan melakukan pemantauan kualitas air yang efektif, pembudidaya dapat memastikan bahwa sistem RAS berjalan dengan baik dan ikan yang dibudidayakan tumbuh sehat dan produktif.

B. Pemantauan Rutin

- **pH, DO, suhu:** dilakukan pemantauan harian
- **Amonia, nitrit, nitrat:** dilakukan pemantauan 2–3 kali per minggu
- **TSS dan kejernihan air:** Setiap 3 hari
- Gunakan **alat digital** (pH meter, DO meter) dan **test kit kimia** (amonia, nitrit)



Gambar 39. Pemantauan kualitas air secara rutin

C. Pencegahan Masalah

- **Jaga kebersihan sistem,** bersihkan filter dan tangki secara berkala
- **Kontrol pemberian pakan** → pakan berlebih adalah sumber utama amonia
- **Pastikan biofilter berfungsi baik,** media tidak tersumbat
- **Backup sistem listrik** untuk mencegah matinya pompa/aerasi

D. Contoh Masalah Umum dan Cara Menanggulanginya

1. Kadar Amonia Tinggi

Gejala:

- Ikan terlihat megap-megap
- Warna air kekuningan
- Nafsu makan ikan menurun

Penyebab:

- Pemberian pakan berlebihan
- Biofilter belum matang
- Kepadatan terlalu tinggi

Penanggulangan:

- Kurangi pakan selama 1–2 hari
- Tambahkan media biofilter atau inokulasi bakteri nitrifikasi
- Sifon dasar tangki dan lakukan penggantian air parsial 10–20%
- Gunakan **zeolit** untuk menyerap amonia (sementara)

2. Nitrit Meningkat

Gejala:

- Ikan terlihat gelisah, warna tubuh gelap
- Nafsu makan turun
- Bisa menyebabkan kematian mendadak

Penyebab:

- Bakteri *Nitrobacter* belum optimal dalam biofilter
- Amonia tinggi → menumpuk jadi nitrit

Penanggulangan:

- Tambahkan **garam non-yodium** (NaCl) 2–3 g/L → menekan toksisitas nitrit
- Tambahkan inokulan bakteri nitrifikasi
- Jaga pH dan suhu optimal untuk mendukung nitrifikasi

3. Oksigen Terlarut Rendah

Gejala:

- Ikan mengapung di permukaan
- Gerakan lamban, sering berada di dekat inlet

Penyebab:

- Kepadatan tinggi
- Aerasi kurang
- Biofilter menyerap oksigen

Penanggulangan:

- Tambah aerator/blower
- Kurangi kepadatan sementara
- Hindari overfeeding (sisa pakan menghabiskan oksigen)

4. pH Tidak Stabil

Gejala:

- Ikan stres, mudah sakit
- Penurunan efisiensi biofilter

Penyebab:

- Rendahnya alkalinitas
- Proses nitrifikasi menghasilkan asam nitrat → menurunkan pH

Penanggulangan:

- Tambahkan **kapur dolomit** atau **soda kue** (NaHCO_3) untuk menaikkan alkalinitas
- Jaga buffer alkalinitas minimal 100 mg/L

5. Air Keruh dan Berbau

Gejala:

- Visibilitas rendah, air berlendir
- Bau asam atau amis

Penyebab:

- Sisa pakan tidak dibersihkan
- Filter mekanik tersumbat
- Overfeeding

Penanggulangan:

- Sifon dasar secara rutin
- Bersihkan filter mekanik setiap 2–3 hari
- Evaluasi pakan → kurangi jumlah dan frekuensi jika perlu

E. Peran Bakteri dalam Kualitas Air

Bakteri nitrifikasi memiliki peran penting dalam menjaga kualitas air:

- *Nitrosomonas* mengoksidasi $\text{NH}_4^+ \rightarrow \text{NO}_2^-$
- *Nitrobacter* mengoksidasi $\text{NO}_2^- \rightarrow \text{NO}_3^-$

Proses ini disebut **siklus nitrogen**, dan terjadi dalam biofilter. Untuk mendukung aktivitasnya, perlu:

- Oksigen cukup
- Suhu 25–30 °C
- pH netral–sedikit basa (7–8)

Berikut penjelasan lengkap mengenai **reaksi biokimia yang terjadi dalam sistem resirkulasi (RAS)**, khususnya dalam proses penguraian limbah organik hingga menjadi nitrat (NO_3^-). Proses ini melibatkan **dekomposisi organik** dan **nitrifikasi** oleh mikroorganisme.

1. Tahap Awal: Dekomposisi Bahan Organik menjadi Amonia (NH_3 / NH_4^+)

Asal bahan organik:

- Feses ikan
- Sisa pakan
- Mukus (lendir tubuh ikan)

Proses: Ammonifikasi (Mineralisasi)

Dilakukan oleh **bakteri heterotrof**, seperti *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Clostridium*, yang memecah protein dan senyawa nitrogen organik.

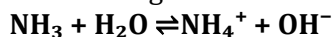
Reaksi Umum:

Protein $\rightarrow$ Asam Amino $\rightarrow \text{NH}_3/\text{NH}_4^+ + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$

Contoh:

R-NH_2 (senyawa amina) + $\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{NH}_3 + \text{R-OH}$

- NH_3 terbentuk dalam kondisi pH tinggi
- NH_4^+ lebih dominan pada pH rendah
- Keseimbangan:



NH_3 (amonia bebas) sangat toksik bagi ikan, sedangkan NH_4^+ (amonia terikat) kurang toksik

2. Nitrifikasi Tahap 1: Amonia $\rightarrow$ Nitrit (NO_2^-)

Pelaku: Bakteri Nitrit-oksidasi (AOB = Ammonia Oxidizing Bacteria)

Contoh: *Nitrosomonas europaea*

Reaksi:

$\text{NH}_4^+ + 1.5 \text{O}_2 \rightarrow \text{NO}_2^- + 2 \text{H}^+ + \text{H}_2\text{O} + \text{Energi}$

- Energi dari oksidasi amonia digunakan untuk pertumbuhan bakteri nitrifikasi
- Reaksi ini menurunkan pH karena menghasilkan ion H^+

3. Nitrifikasi Tahap 2: Nitrit $\rightarrow$ Nitrat (NO_3^-)

Pelaku: Bakteri Nitrat-oksidasi (NOB = Nitrite Oxidizing Bacteria)

Contoh: *Nitrobacter winogradskyi*, *Nitrospira spp.*

Reaksi:

$\text{NO}_2^- + 0.5 \text{O}_2 \rightarrow \text{NO}_3^- + \text{Energi}$

- Nitrat jauh **kurang toksik** dibanding amonia dan nitrit
- Dapat terakumulasi jika tidak ada proses denitrifikasi

Rangkuman Jalur Nitrifikasi

Bahan Organik (Protein, Amonia) $\rightarrow$ NH_4^+ / NH_3 — (Nitrosomonas) $\rightarrow$ NO_2^- — (Nitrobacter) $\rightarrow$ NO_3^-

Tahap	Zat Awal	Zat Akhir	Bakteri utama	Kondisi Optimal
Ammonifikasi	Protein	NH_4^+ / NH_3	Bakteri heterotroph	Oksigen cukup, suhu 25–30°C
Nitrifikasi 1	NH_3 / NH_4^+	NO_2^-	<i>Nitrosomonas</i>	pH 7–8, DO > 4 mg/L, suhu 25–30°C
Nitrifikasi 2	NO_2^-	NO_3^-	<i>Nitrobacter</i> , <i>Nitrospira</i>	Sama seperti di atas

Pentingnya Kontrol Proses Nitrifikasi di RAS

- **Amonia (NH_3)** > 0,05 mg/L $\rightarrow$ mulai toksik
- **Nitrit (NO_2^-)** > 1 mg/L $\rightarrow$ menyebabkan brown blood (keracunan darah ikan)
- **Nitrat (NO_3^-)** > 50–100 mg/L $\rightarrow$ dapat ditoleransi lebih lama, tapi tetap perlu pengendalian jangka panjang



Gambar 40. Monitoring kualitas air media RAS secara rutin

BAB VII

MANAJEMEN PAKAN DAN PERTUMBUHAN IKAN DALAM SISTEM RAS

7.1. Pentingnya Manajemen Pakan dalam Sistem RAS

Manajemen pakan ikan pada sistem Resirkulasi Akuakultur (RAS) sangat penting untuk keberhasilan budidaya. Pakan yang berkualitas dan pemberian yang tepat akan mempengaruhi pertumbuhan ikan, kualitas air, dan efisiensi operasional sistem.

Dalam sistem budidaya tertutup seperti **Recirculating Aquaculture System (RAS)**, manajemen pakan merupakan aspek yang sangat penting karena:

- Pakan adalah **komponen biaya terbesar** ($\pm 60-70\%$ dari biaya produksi).
- Pakan yang berlebih akan **menurunkan kualitas air**, menyebabkan **penumpukan amonia dan nitrit**, serta memperberat kerja sistem filtrasi.
- Efisiensi pakan secara langsung berpengaruh terhadap **pertumbuhan ikan, kesehatan, dan kelangsungan sistem biofilter**.

Dengan demikian, manajemen pakan yang baik dalam RAS bukan hanya soal kuantitas, tetapi juga efisiensi, kualitas pakan, dan strategi pemberian.

7.2 Strategi Manajemen Pakan Efisien dalam RAS

A. Pemilihan Pakan Berkualitas

- Gunakan pakan dengan **protein tinggi** sesuai kebutuhan spesies (misalnya, lele: 28–32%; nila: 25–28%; kerapu: 40–50%).
- Pilih pakan yang **tahan air** (*slow sinking*) untuk menghindari cepat larut dan mencemari air.
- Pastikan pakan mengandung **vitamin dan mineral lengkap** untuk meningkatkan kekebalan ikan.

B. Penentuan Jumlah Pakan (Feeding Rate)

Penentuan **feeding rate** (tingkat pemberian pakan) merupakan salah satu aspek **paling penting dalam manajemen pakan** pada sistem budidaya ikan **RAS**. Dalam sistem RAS, **salah hitung dalam feeding rate** tidak hanya berdampak pada **pertumbuhan ikan**, tetapi juga langsung memengaruhi **kualitas air, kesehatan ikan, efisiensi sistem filtrasi, dan biaya operasional**.

Mengapa Feeding Rate Sangat Penting di Sistem RAS?

Aspek	Penjelasan
Pertumbuhan ikan	Feeding rate yang sesuai → pertumbuhan optimal
Kualitas air	Kelebihan pakan → peningkatan amonia, nitrit, BOD, dan TSS
Beban biofilter	Pemberian pakan berlebih = beban limbah nitrogen meningkat

Aspek	Penjelasan
Efisiensi biaya	Pakan = > 50% biaya operasional; overfeeding = pemborosan
Keseimbangan sistem	Pakan menentukan siklus biologis sistem (input organik harian)
Risiko penyakit	Pakan berlebih yang tidak dimakan → tempat tumbuh bakteri pathogen

Apa Itu Feeding Rate?

Feeding rate (FR) adalah **persentase pakan yang diberikan dari total biomassa ikan per hari**.

$$FR (\%) = \{ \text{Jumlah pakan (kg)} \} : \{ \text{Total berat ikan (kg)} \} \times 100$$

Contoh Perhitungan Sederhana

Misalnya, terdapat 5.000 ekor ikan nila dengan berat rata-rata 50 gram:

- Total biomassa: $5.000 \times 50 \text{ g} = 250 \text{ kg}$
- Jika FR = 3%, maka pakan harian = $250 \times 3\% = 7,5 \text{ kg per hari}$

Feeding Rate Ideal Berdasarkan Umur dan Ukuran Ikan (Contoh: Ikan Nila)

Ukuran Ikan (gram)	Feeding Rate (%/hari)	Frekuensi pemberian
5 – 10 g	5 – 7 %	4 – 5 kali
10 – 50 g	3 – 5 %	3 – 4 kali
50 – 150 g	2 – 3 %	3 kali
150 – 300 g	1,5 – 2 %	2 – 3 kali
> 300 g	1 – 1,5 %	2 kali

Nilai ini bersifat umum, dan bisa disesuaikan tergantung suhu, performa ikan, jenis pakan, dan sistem padat tebar.

C. Pola dan Frekuensi Pemberian Pakan

- Frekuensi: 2–4 kali per hari, tergantung spesies dan ukuran
- Waktu terbaik: pagi (08.00–09.00) dan sore (15.00–17.00)
- Gunakan **auto feeder** atau pemberian manual dengan observasi langsung.

Faktor yang Mempengaruhi Penentuan Feeding Rate

Faktor	Pengaruh
Suhu air	Metabolisme ikan menurun jika suhu turun
Spesies ikan	Lele lebih agresif dari nila atau kerapu
Kualitas pakan	Pakan dengan protein tinggi → lebih efisien
Padat tebar ikan	Padat tebar tinggi → perlu kontrol pakan lebih ketat
Ukuran dan umur ikan	Ikan kecil butuh lebih banyak pakan per bobot tubuh
Performa biofilter	Jika biofilter belum matang → feeding rate harus dibatasi
Strategi pertumbuhan	Target panen cepat → feeding rate lebih agresif

Risiko Jika Feeding Rate Tidak Dikendalikan

Masalah	Dampak
Overfeeding (kelebihan pakan)	Penurunan DO, peningkatan NH_3 dan NO_2 , keracunan, penyakit
Underfeeding (kekurangan)	Pertumbuhan lambat, konversi pakan buruk, kanibalisme
Tidak teratur	Pakan tidak dimakan maksimal, kualitas air sulit dikontrol
Frekuensi terlalu jarang	Ikan tidak efisien mencerna, pakan terbuang

Praktik Terbaik dalam Penentuan Feeding Rate di Sistem RAS

1. **Gunakan tabel feeding rate berbasis biomassa**
2. **Pantau respons makan harian:** apakah pakan habis dalam waktu 10–20 menit?
3. **Kombinasikan dengan teknologi** seperti:
 - Feeder otomatis (timer, sensor aktivitas)
 - Kamera bawah air
 - Kalkulasi pakan berbasis pertumbuhan mingguan
4. **Pantau kualitas air harian:** Bila NH_3 atau NO_2 naik → kurangi pakan
5. **Kaji ulang FR setiap 5–7 hari** seiring pertumbuhan ikan

D. Monitoring Konsumsi Pakan

Monitoring pakan pada budidaya ikan dalam sistem RAS melibatkan beberapa aspek penting untuk memastikan pertumbuhan ikan yang optimal dan efisiensi penggunaan pakan. Hal ini mencakup penentuan dosis pakan, frekuensi pemberian, kualitas pakan, serta pemantauan respons ikan terhadap pakan.

Faktor-faktor yang Perlu Dimonitor:

1. Dosis Pakan:

- Dosis pakan harus disesuaikan dengan ukuran, umur, dan jenis ikan yang dibudidayakan.
- Perhitungan dosis pakan biasanya didasarkan pada persentase berat badan ikan atau berdasarkan rekomendasi dari produsen pakan.
- Pemberian pakan yang berlebihan dapat menyebabkan penumpukan sisa pakan di dalam sistem, mencemari air, dan menurunkan kualitas air.
- Pemberian pakan yang kurang dapat menyebabkan pertumbuhan ikan terhambat.

2. Frekuensi Pemberian Pakan:

- Frekuensi pemberian pakan juga perlu disesuaikan dengan kebutuhan ikan.
- Ikan yang masih kecil mungkin memerlukan frekuensi pemberian pakan yang lebih sering (misalnya, 4-5 kali sehari), sedangkan ikan yang lebih besar bisa diberikan pakan lebih jarang (misalnya, 2-3 kali sehari).
- Pemberian pakan secara bertahap (misalnya, dalam beberapa kali pemberian dalam sehari) dapat membantu meningkatkan konsumsi pakan dan menghindari pemborosan.



Gambar 41. Pemberian pakan buatan

3. Kualitas Pakan:

- Pakan yang digunakan harus memiliki kandungan nutrisi yang sesuai dengan kebutuhan ikan.
- Pastikan pakan yang digunakan berkualitas baik, tidak berjamur, dan tidak mengandung bahan berbahaya.
- Pakan dengan kandungan protein yang tinggi umumnya dibutuhkan untuk pertumbuhan ikan, terutama pada fase awal budidaya.

4. Respons Ikan terhadap Pakan:

- Amati respon ikan terhadap pakan yang diberikan.
- Jika ikan terlihat tidak tertarik pada pakan atau jika ada sisa pakan yang tidak termakan, mungkin dosis atau frekuensi pemberian perlu disesuaikan.
- Perhatikan juga kondisi kesehatan ikan. Jika ada tanda-tanda penyakit, segera lakukan tindakan pencegahan atau pengobatan.

5. Kualitas Air:

- Parameter kualitas air seperti suhu, pH, oksigen terlarut, dan kadar amonia perlu dipantau secara rutin.
- Kualitas air yang buruk dapat mempengaruhi nafsu makan ikan dan efisiensi penggunaan pakan.
- Sistem RAS dirancang untuk menjaga kualitas air tetap stabil, namun pemantauan tetap diperlukan untuk mengidentifikasi masalah sejak dini.

Teknologi Monitoring:

1. Sistem Monitoring Otomatis

- Beberapa sistem budidaya RAS dilengkapi dengan sistem monitoring otomatis untuk pemberian pakan dan kualitas air.
- Sistem ini dapat menggunakan sensor untuk mengukur parameter air dan berat pakan yang diberikan, serta dapat diatur untuk memberikan pakan secara otomatis pada waktu yang telah ditentukan.
- Beberapa sistem bahkan dilengkapi dengan notifikasi ke pengguna melalui aplikasi atau pesan singkat.

2. Aplikasi Monitoring:

- Aplikasi monitoring dapat digunakan untuk mencatat data pemberian pakan, kualitas air, dan pertumbuhan ikan.
- Aplikasi ini dapat membantu pembudidaya untuk melacak kinerja budidaya dan membuat keputusan yang lebih baik.

3. Pengamatan Visual:

- Meskipun ada teknologi monitoring otomatis, pengamatan visual oleh pembudidaya tetap penting.
- Perhatikan perilaku makan ikan, kondisi fisik ikan, dan kebersihan kolam.

Dengan melakukan monitoring yang baik, pembudidaya dapat mengoptimalkan penggunaan pakan, meningkatkan pertumbuhan ikan, dan mengurangi risiko kerugian dalam budidaya ikan RAS.

- Pantau sisa pakan setelah 30 menit → sifon jika ada sisa

- Hitung **FCR (Feed Conversion Ratio)**:

FCR = Total Pakan Diberikan / Total : Pertambahan Biomassa

Nilai FCR optimal: **1.0–1.5** (semakin rendah → semakin efisien)

Monitoring konsumsi pakan dalam sistem **RAS** adalah elemen penting dari manajemen produksi yang presisi. Di sistem tertutup seperti RAS, setiap gram pakan yang tidak dikonsumsi langsung berdampak terhadap kualitas air, efisiensi biofilter,

biaya produksi, dan kesehatan ikan. Oleh karena itu, **monitoring konsumsi pakan bukan hanya soal efisiensi pakan**, tetapi menyangkut **kestabilan seluruh sistem**.
Mengapa Monitoring Konsumsi Pakan Itu Penting di Sistem RAS?

Aspek	Penjelasan Singkat
Pertumbuhan ikan	Menjamin ikan mendapatkan nutrisi sesuai kebutuhan
Kualitas air	Pakan berlebih → sisa organik → peningkatan NH_3 , NO_2^- , BOD
Kinerja biofilter	Pakan = sumber limbah nitrogen; harus disesuaikan dengan kapasitas biofilter
Efisiensi biaya produksi	Pakan = >50% biaya total budidaya; pakan yang tidak dimakan = kerugian langsung
Pencegahan penyakit	Pakan sisa → tempat tumbuh bakteri patogen (Aeromonas, Vibrio)
Deteksi dini masalah kesehatan ikan	Penurunan konsumsi bisa jadi gejala awal stres, infeksi, atau gangguan lingkungan

Dampak Buruk Jika Konsumsi Pakan Tidak Dimonitor

Kondisi	Dampak yang Muncul
Pakan tidak dimakan habis	Kualitas air turun, amonia naik, biofilter terbebani
Ikan makan terlalu sedikit	Pertumbuhan lambat, FCR buruk, panen tertunda
Tidak disesuaikan per fase	Overfeeding/underfeeding → pemborosan dan stres ikan
Pakan tidak dicatat harian	Sulit evaluasi performa dan proyeksi panen

Tujuan Monitoring Konsumsi Pakan

- Menentukan Feeding Rate yang Tepat**
→ Disesuaikan dengan pertumbuhan aktual dan suhu air
- Menghitung FCR (Feed Conversion Ratio)**
$$\text{FCR} = \frac{\text{Total pakan (kg)}}{\text{Biomassa panen} - \text{berat benih (kg)}}$$
- Menyesuaikan pemberian pakan harian berdasarkan respons**
→ Jika pakan tersisa → kurangi, jika habis cepat → pertimbangkan tambah
- Evaluasi performa tiap batch dan kolam**
→ Mana yang lebih efisien, sehat, dan produktif
- Mendeteksi masalah dini pada ikan atau sistem**
→ Nafsu makan berkurang bisa jadi sinyal awal gangguan air, penyakit, atau stres

Cara Melakukan Monitoring Konsumsi Pakan Secara Efektif

a. Metode Visual Langsung

- Pakan ditebar secara manual → amati sisa pakan dalam 10–15 menit
- Gunakan **jaring pakan (feeding tray)** → mudah mengecek sisa
- Gunakan **pemberian bertahap (split feeding)**, berhenti saat ikan tidak agresif makan

b. Monitoring Otomatis

- Gunakan **feeder otomatis** dengan kontrol waktu & jumlah
- Pasang **kamera bawah air** untuk memantau aktivitas makan
- Gunakan **sensor sisa pakan** (pada sistem intensif high-end)

c. Pencatatan Harian

Gunakan **lembar catatan atau spreadsheet** yang memuat:

- Jumlah pakan diberikan per hari (kg)
- Respon makan (skor 1–5)
- Sisa pakan (jika ada)
- Catatan suhu, DO, pH (untuk korelasi)

Contoh Skala Respon Konsumsi Pakan

Skor	Deskripsi Singkat	Tindakan
5	Sangat aktif, pakan habis <10 menit	Pertahankan/tambah sedikit
4	Aktif, pakan habis dalam 10–15 menit	Pertahankan jumlah pakan
3	Cukup aktif, masih ada sedikit sisa	Evaluasi kebutuhan pakan
2	Kurang aktif, banyak pakan tersisa	Kurangi pakan, cek kualitas air
1	Tidak makan, semua pakan tersisa	Hentikan pakan, cek sistem dan ikan

Hubungan Konsumsi Pakan dan Kinerja Sistem RAS

Indikator Konsumsi Pakan	Dampak terhadap Sistem RAS
Overfeeding (konsumsi rendah, pakan tetap tinggi)	NH ₃ , NO ₂ naik, beban biofilter naik drastis
Underfeeding (konsumsi tinggi tapi pakan kurang)	Pertumbuhan lambat, stres kronis
Konsumsi stabil sesuai umur	FCR efisien, air tetap stabil, ikan tumbuh optimal

7.3. Pertumbuhan Ikan dalam Sistem RAS

Pertumbuhan ikan dalam RAS dapat **lebih cepat** dibandingkan sistem konvensional, jika kualitas air dan pakan terjaga optimal.

Faktor yang Mempengaruhi Pertumbuhan:

- **Kualitas air stabil:** Tidak fluktuatif → ikan tidak stres
- **Ketersediaan oksigen cukup**
- **Kepadatan tebar yang sesuai**
- **Jenis dan kualitas pakan**
- **Rasio protein:energi pakan**
- **Pengelolaan biofilter → minim toksin**

Indikator Pertumbuhan:

- **Weight Gain (WG)**

$$WG = \text{Bobot akhir} - \text{Bobot awal}$$

- **Specific Growth Rate (SGR):**

$$SGR = \frac{\ln W_t - \ln W_0}{t} \times 100$$

Di mana:

W_t = berat akhir

W₀ = berat awal

t = hari pemeliharaan

7.4. Contoh Kasus: Optimasi Pakan dalam RAS Budidaya Nila

Kasus:

Sebuah unit RAS skala 5 m³ memelihara 500 ekor ikan nila (awal 50 g/ekor) dengan target panen 500 g/ekor dalam 90 hari. Namun, pada hari ke-30, pertumbuhan stagnan dan kualitas air menunjukkan tingginya kadar amonia.

Analisis Masalah:

- Feeding rate terlalu tinggi (5% bobot/hari) tanpa penyesuaian berdasarkan ukuran.
- Banyak sisa pakan tidak tersifon → fermentasi → amonia tinggi
- Biofilter belum mampu memproses beban amonia

Tindakan Korektif:

1. Turunkan *feeding rate* menjadi 3% bobot/hari
2. Berikan pakan bertahap (*split feeding* 3–4 kali/hari)
3. Tingkatkan kapasitas biofilter + aerasi
4. Sifon dasar tangki setiap pagi

Hasil:

- Setelah 2 minggu, kadar amonia turun dari 1,2 mg/L menjadi 0,2 mg/L
- SGR kembali naik dari 0,85 menjadi 1,23%/hari
- FCR membaik dari 1.8 → 1.4

7.5. Tips Sukses Manajemen Pakan dalam RAS

- Gunakan **catatan harian pemberian pakan**
- Pantau **biomassa aktual** setiap 1–2 minggu → sesuaikan *feeding rate*
- Jangan terlalu agresif dalam mengejar pertumbuhan cepat
- Libatkan **sensor DO dan suhu** untuk menghindari stres saat feeding
- Lakukan **uji FCR** setiap bulan → evaluasi efisiensi pakan

BAB VIII

PENGENDALIAN PENYAKIT DAN BIOSEKURITI DALAM SISTEM RAS

8.1 Pentingnya Biosekuriti dalam Sistem RAS

Biosekuriti adalah upaya sistematis untuk mencegah masuk, tersebar, dan berkembangnya penyakit dalam unit budidaya. Dalam sistem *Recirculating Aquaculture System (RAS)*, lingkungan yang tertutup dan padat tebar tinggi memperbesar risiko jika terjadi infeksi maka penerapan biosekuriti yang ketat **bukan pilihan, melainkan keharusan**.

Prinsip dasar biosekuriti mencakup

A. Exclusion (Pencegahan masuknya agen penyakit)

Pencegahan masuknya agen penyakit (exclusion) pada budidaya ikan RAS adalah langkah penting untuk menjaga kesehatan ikan dan keberhasilan budidaya. Ini melibatkan serangkaian tindakan untuk mencegah masuknya patogen (bakteri, virus, jamur, parasit) ke dalam sistem RAS.

Berikut adalah beberapa cara untuk melakukan pencegahan masuknya agen penyakit pada budidaya ikan RAS:

1. Kontrol Kualitas Air:

- **Pemasangan Filter**
Filter air mekanis, biologis, dan penyaring untuk menghilangkan kotoran, sisa pakan, dan partikel lain yang dapat menjadi sumber penyakit.
- **Pengendalian Parameter Air:**
Pemantauan dan pengaturan parameter air seperti suhu, pH, oksigen terlarut, amonia, nitrit, dan nitrat secara teratur untuk memastikan kondisi air optimal bagi ikan.
- **Sterilisasi Air**
Penggunaan metode sterilisasi seperti ozonasi, UV (ultraviolet), atau chlorination untuk membunuh patogen dalam air.

2. Karantina Ikan Baru

- **Karantina Ikan:**
Karantina ikan baru yang akan dimasukkan ke dalam sistem RAS untuk mengamati tanda-tanda penyakit dan memberikan pengobatan jika diperlukan.
- **Pemantauan Kesehatan**
Pemantauan rutin kesehatan ikan selama masa karantina untuk memastikan ikan sehat sebelum dipindahkan ke kolam utama.

3. Kebersihan dan Sanitasi

- **Kebersihan Lingkungan:**
Menjaga kebersihan area sekitar sistem RAS, termasuk peralatan, lantai, dan dinding, untuk mencegah penyebaran penyakit.
- **Desinfeksi:**

Penggunaan desinfektan yang aman untuk ikan dan lingkungan untuk membersihkan peralatan dan area budidaya.

- **Pengendalian Hama dan Vektor:**
Mencegah masuknya hama dan vektor penyakit seperti tikus, kecoa, dan burung yang dapat membawa penyakit ke dalam sistem RAS.

4. Manajemen Pakan

- **Pakan Berkualitas:**
Penggunaan pakan ikan berkualitas tinggi yang tidak terkontaminasi oleh patogen.
- **Pemberian Pakan Terukur:**
Pemberian pakan sesuai dengan kebutuhan ikan untuk menghindari sisa pakan yang membusuk dan mencemari air.

5. Pengendalian Stres pada Ikan

- **Padat Tebar Optimal:**
Menghindari kepadatan ikan yang berlebihan dalam sistem RAS untuk mengurangi stres dan penyebaran penyakit.
- **Penanganan Ikan yang Hati-hati:**
Penanganan ikan yang hati-hati saat pemindahan atau penebaran untuk menghindari luka yang dapat menjadi pintu masuk penyakit.

6. Penggunaan Bibit Unggul

- **Bibit Tahan Penyakit:** Penggunaan bibit ikan yang tahan terhadap penyakit tertentu yang umum menyerang jenis ikan yang dibudidayakan.

Dengan menerapkan tindakan pencegahan ini, pembudidaya dapat mengurangi risiko masuknya agen penyakit ke dalam sistem RAS dan menjaga kesehatan ikan, sehingga meningkatkan produktivitas dan keuntungan budidaya.

B. Containment (Pembatasan penyebaran di dalam sistem)

Pembatasan penyakit (*containment*) dalam sistem resirkulasi akuakultur (RAS) mengacu pada upaya untuk mencegah dan mengendalikan penyebaran penyakit di dalam sistem budidaya. Hal ini dilakukan dengan meminimalkan risiko masuknya patogen dan membatasi penyebaran penyakit jika terjadi infeksi, sehingga kesehatan ikan tetap terjaga dan kerugian akibat penyakit dapat diminimalkan.

Konsep Pembatasan Penyakit dalam RAS:

- **Pencegahan Masuknya Penyakit:**
 - **Karantina:** Benih ikan yang baru masuk harus dikarantina terlebih dahulu untuk memastikan mereka bebas dari penyakit sebelum dimasukkan ke dalam sistem utama.
 - **Sanitasi:** Penerapan prosedur sanitasi yang ketat pada seluruh peralatan dan area budidaya untuk mencegah kontaminasi.
 - **Pengendalian Vektor:** Membatasi akses hewan liar atau serangga yang dapat menjadi vektor penyakit.
 - **Kualitas Air:** Memastikan kualitas air yang baik dan stabil untuk mencegah stres pada ikan yang dapat menurunkan daya tahan tubuhnya terhadap penyakit.
- **Pengendalian Penyebaran Penyakit:**
 - **Pemantauan Kesehatan:** Melakukan pemantauan rutin terhadap kesehatan ikan untuk mendeteksi dini tanda-tanda penyakit.
 - **Pengobatan yang Tepat:** Jika ada ikan yang sakit, pengobatan harus segera dilakukan dengan obat yang sesuai dan dosis yang tepat.
 - **Isolasi Ikan Sakit:** Ikan yang sakit harus segera dipisahkan dari ikan sehat untuk mencegah penyebaran penyakit lebih lanjut.

- **Sistem Filtrasi yang Efektif:** Sistem filtrasi yang baik dalam RAS akan membantu menghilangkan patogen dari air, mengurangi risiko penyebaran penyakit.
- **Pemisahan Unit:** Jika memungkinkan, sistem RAS dapat dibagi menjadi beberapa unit yang terpisah untuk membatasi penyebaran penyakit antar unit.

Dengan menerapkan langkah-langkah pembatasan penyakit yang tepat, sistem RAS dapat menjadi lingkungan yang lebih sehat dan produktif untuk budidaya ikan, serta mengurangi risiko kerugian akibat wabah penyakit.

C. Eradication (Penghapusan sumber penyakit secara tuntas)

Dalam konteks budidaya ikan sistem RAS "Eradication" atau penghapusan sumber penyakit secara tuntas merujuk pada upaya menghilangkan semua agen penyebab penyakit (bakteri, virus, parasit, dll.) dari sistem budidaya. Ini dilakukan untuk mencegah infeksi dan penyakit pada ikan, memastikan kesehatan dan kelangsungan hidup ikan dalam sistem RAS.

Pentingnya Eradication dalam RAS:

- **Kesehatan Ikan**
Sistem RAS, dengan sirkulasi air yang terkontrol, cenderung rentan terhadap penyebaran penyakit jika agen penyebabnya masuk dan tidak ditangani. Eradication membantu menjaga kesehatan ikan secara optimal.
- **Efisiensi Produksi**
Kesehatan ikan yang terjaga akan meningkatkan efisiensi produksi, karena ikan akan tumbuh lebih baik dan mengurangi risiko kematian akibat penyakit.
- **Keberlanjutan:**
Eradication, bersama dengan tindakan pencegahan lainnya, berkontribusi pada keberlanjutan sistem RAS dengan meminimalkan penggunaan obat-obatan dan menjaga keseimbangan ekosistem dalam sistem.

Cara Melakukan Eradication:

- **Pembersihan dan Sanitasi**
Pembersihan menyeluruh pada seluruh komponen sistem, termasuk tangki, filter, dan peralatan lainnya, secara berkala untuk menghilangkan biofilm dan bahan organik yang dapat menjadi sumber penyakit.
- **Perlakuan dengan Desinfektan:**
Penggunaan desinfektan yang aman bagi ikan dan lingkungan untuk membunuh agen penyakit. Pemilihan desinfektan harus dilakukan dengan hati-hati dan sesuai dengan jenis penyakit yang ingin diatasi.
- **Sterilisasi Air:**
Penggunaan sterilisasi air, seperti ozon atau sinar UV, untuk membunuh mikroorganisme patogen dalam air.
- **Pengendalian Biologis:**
Penggunaan bakteri menguntungkan atau agen biologis lain yang dapat menghambat pertumbuhan dan penyebaran agen penyakit.
- **Karantina:**
Isolasi ikan baru yang dimasukkan ke dalam sistem untuk memantau kesehatan mereka dan mencegah penyebaran penyakit dari ikan baru ke ikan lama.

Penting untuk dicatat bahwa eradikasi bukan hanya sekali tindakan, tetapi merupakan proses berkelanjutan yang memerlukan pemantauan dan tindakan pencegahan yang tepat.

8.2 Potensi Risiko dan Jalur Masuk Patogen dalam RAS

Meskipun sistem RAS bersifat tertutup, beberapa jalur infeksi tetap mungkin terjadi:

- **Benih ikan terinfeksi**
- **Air input yang tercemar**
- **Alat atau peralatan dari sistem lain**
- **Pakan yang terkontaminasi**
- **Manusia (melalui tangan, sepatu, dll.)**

8.3 Jenis-Jenis Penyakit yang Umum di Sistem RAS

Berikut ini beberapa penyakit penting yang dapat terjadi dalam sistem RAS, baik akibat patogen, kualitas air, maupun stres lingkungan:

1. Aeromoniasis (oleh *Aeromonas hydrophila*)

Aeromonas hydrophila adalah bakteri yang umum ditemukan pada ikan air tawar dan dapat menyebabkan penyakit *Motile Aeromonas Septicemia* (MAS) atau penyakit bakterial lainnya pada ikan. Penyakit ini dapat menyebabkan kematian pada ikan dengan cepat jika tidak ditangani dengan baik.

Penyebab:

- Bakteri *Aeromonas hydrophila* adalah bakteri gram negatif yang bersifat oportunistik dan dapat menyebabkan penyakit pada ikan, terutama pada kondisi stres atau lingkungan yang kurang optimal.
- Penyakit ini sering muncul pada ikan yang mengalami stres akibat penanganan yang kurang baik, pakan yang tidak berkualitas, atau kondisi air yang buruk.

Gejala:

Luka terbuka atau borok pada kulit, Kemerahan pada mulut dan sekitar mata, Perut membengkak, Sirip rontok atau robek, Kematian mendadak.

Dampak:

Kematian massal pada ikan, Kerugian ekonomi pada pembudidaya ikan.

Pencegahan dan Pengendalian:

- Menjaga kualitas air budidaya (oksigen terlarut, pH, suhu, dll.).
- Memberikan pakan yang berkualitas dan cukup.
- Menghindari kepadatan ikan yang berlebihan.
- Menjaga kebersihan kolam dan peralatan budidaya.
- Jika terjadi infeksi, segera lakukan isolasi ikan yang sakit dan berikan pengobatan yang tepat.
- Beberapa penelitian juga menunjukkan potensi penggunaan ekstrak tanaman untuk pencegahan.

Penting untuk diperhatikan:

- *Aeromonas hydrophila* juga dapat menginfeksi manusia, meskipun jarang terjadi.
- Penanganan ikan yang terinfeksi harus dilakukan dengan hati-hati untuk mencegah penyebaran penyakit.

Penanganan lebih lanjut:

Jika ikan Anda terinfeksi, segera konsultasikan dengan dokter hewan atau ahli perikanan untuk mendapatkan diagnosis yang tepat dan penanganan yang sesuai.



Gambar 41. *Aeromonas hydrophila*



Gambar 42. Ikan terserang *Aeromonas hydrophila*

2. Streptococcosis (oleh *Streptococcus agalactiae*)

Streptococcus agalactiae adalah bakteri yang dapat menyebabkan penyakit streptococcosis pada ikan, terutama ikan nila (*Oreochromis niloticus*). Penyakit ini ditandai dengan gejala seperti mata menonjol (exophtalmia), pendarahan pada tubuh, perut membesar, dan nafsu makan menurun. Kematian massal pada ikan nila dapat terjadi akibat infeksi bakteri ini, yang dapat menimbulkan kerugian ekonomi bagi pembudidaya.

Penyebab:

- Bakteri *Streptococcus agalactiae* adalah agen penyebab penyakit streptococcosis pada ikan.
- Infeksi bakteri ini dapat menyebar melalui kontak langsung antar ikan, air yang terkontaminasi, atau pakan yang terkontaminasi.
- Kondisi lingkungan yang buruk, seperti kualitas air yang buruk, kepadatan ikan yang tinggi, dan stres pada ikan, dapat meningkatkan risiko infeksi.

Gejala:

- **Gejala klinis:**
 - Mata ikan menonjol (*exophtalmia*).
 - Perut membesar.
 - Pendarahan pada tubuh, terutama di sekitar sirip dan perut.
 - Nafsu makan menurun.
 - Perubahan warna kulit menjadi gelap.
 - Renang tidak normal, seperti berenang miring.

- **Gejala patologis:**
 - Perubahan pada organ hati, otak, dan limpa.
 - Peningkatan kadar glukosa darah.
 - Perubahan pada jumlah sel darah putih dan merah.

Pencegahan dan Pengendalian:

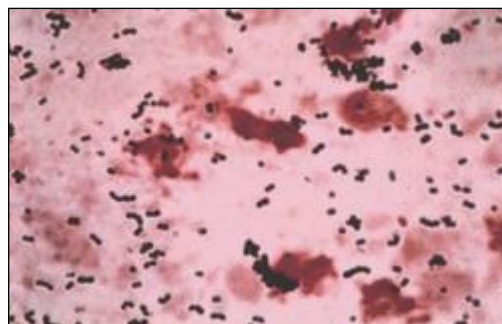
- **Kualitas air:**
Menjaga kualitas air tetap baik dengan melakukan pergantian air secara teratur, aerasi yang cukup, dan pemantauan parameter air (pH, suhu, oksigen terlarut).
- **Kepadatan ikan:**
Mengatur kepadatan ikan yang ideal untuk mencegah stres dan penyebaran penyakit.
- **Pakan:**
Menggunakan pakan berkualitas baik dan tidak terkontaminasi bakteri.
- **Pemberian antibiotik:**
Antibiotik dapat digunakan untuk mengobati infeksi bakteri, namun penggunaannya harus sesuai dengan dosis dan anjuran dokter hewan. Penggunaan antibiotik yang berlebihan dapat menyebabkan resistensi bakteri.
- **Bahan alami:**
Beberapa bahan alami seperti bawang putih dapat digunakan untuk mengendalikan infeksi bakteri.

Penelitian Terkait:

- Penelitian telah dilakukan untuk mengidentifikasi bakteri *Streptococcus agalactiae* dari jaringan ikan yang terinfeksi, menggunakan metode *Polymerase Chain Reaction* (PCR).
- Penelitian juga dilakukan untuk menguji efektivitas vaksin dalam mencegah infeksi bakteri ini pada ikan nila.

Pentingnya Penanganan:

- Infeksi *Streptococcus agalactiae* dapat menyebabkan kerugian ekonomi yang signifikan bagi pembudidaya ikan.
- Pencegahan dan pengendalian penyakit ini sangat penting untuk menjaga keberlangsungan usaha budidaya ikan.



Gambar 43. *Streptococcus agalactiae*



Gambar 44. Ikan terserang *Streptococcus agalactiae*

3. Ichthyophthiriasis (White Spot)

Ichthyophthiriasis, juga dikenal sebagai penyakit bintik putih atau "Ich", adalah penyakit umum pada ikan air tawar yang disebabkan oleh parasit *Ichthyophthirius multifiliis*. Penyakit ini ditandai dengan munculnya bintik-bintik putih kecil pada tubuh, sirip, dan insang ikan, mirip dengan garam.

Penyebab:

- Parasit *Ichthyophthirius multifiliis* adalah penyebab utama penyakit bintik putih pada ikan.
- Parasit ini dapat menyebar melalui ikan yang terinfeksi atau peralatan yang terkontaminasi.
- Kualitas air yang buruk, stres pada ikan, dan perubahan suhu yang tiba-tiba dapat memperburuk kondisi ikan yang terinfeksi.

Gejala:

- Bintik putih kecil pada tubuh, sirip, dan insang ikan.
- Ikan mungkin tampak gelisah, menggosokkan tubuhnya ke benda-benda di akuarium, dan bernapas lebih cepat.
- Kehilangan nafsu makan dan penurunan aktivitas.
- Pada tahap lanjut, ikan bisa ditutupi lendir.

Pencegahan:

- Menjaga kebersihan dan kualitas air akuarium atau kolam.
- Hindari stres pada ikan dengan memastikan lingkungan yang stabil dan tidak terlalu padat.
- Uji air secara teratur untuk kadar amonia, nitrit, nitrat, pH, dan suhu.
- Karantina ikan baru sebelum dimasukkan ke dalam akuarium utama.

Pengobatan:

- Meningkatkan suhu air secara bertahap hingga 24-27°C untuk mempercepat siklus hidup parasit.
- Menggunakan obat-obatan yang mengandung *malachite green* atau formalin, sesuai dosis yang dianjurkan.
- Pemberian garam ikan (bukan garam dapur) dapat membantu mengurangi stres dan membunuh parasit.
- Perawatan garam biasanya dilakukan dengan melarutkan garam sebelum ditambahkan ke air, dan perlu diperhatikan bahwa beberapa tanaman air mungkin sensitif terhadap garam.

Penting untuk diingat:

- Jika ikan menunjukkan gejala penyakit bintik putih, segera lakukan tindakan pengobatan untuk mencegah penyebaran lebih lanjut.
- Konsultasikan dengan ahli ikan atau dokter hewan untuk mendapatkan saran pengobatan yang tepat.



Gambar 45. Ikan terserang *Ichthyophthiriasis* (White spot)

4. Infeksi Jamur (*Saprolegniasis*)

Saprolegniasis adalah penyakit ikan yang disebabkan oleh jamur air dari genus *Saprolegnia*. Penyakit ini sering menyerang ikan air tawar, terutama pada fase telur dan larva, serta dapat menyebabkan kerugian ekonomi dalam kegiatan budidaya ikan.

Penyebab:

- Penyakit ini disebabkan oleh jamur air tawar dari genus *Saprolegnia*.
- *Saprolegnia* merupakan kelompok jamur yang dikenal sebagai "jamur kapas" karena penampakan bercak putih atau abu-abu seperti kapas pada tubuh ikan.
- Jamur ini dapat menginfeksi ikan secara langsung melalui luka atau kerusakan pada kulit, atau melalui infeksi sekunder setelah adanya infeksi lain seperti bakteri atau virus.

Gejala:

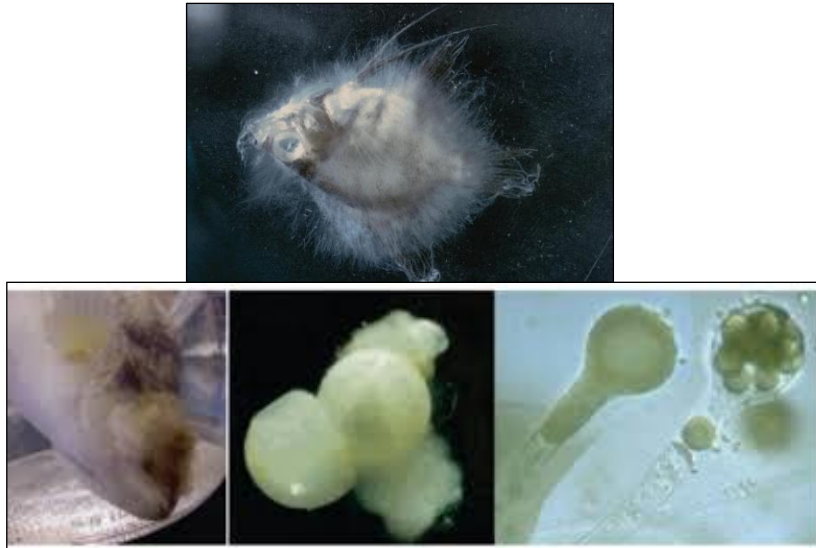
- Munculnya bercak putih atau abu-abu seperti kapas pada tubuh, sirip, atau insang ikan.
- Lesu dan kurang aktif.
- Penurunan nafsu makan.
- Kerusakan jaringan kulit.
- Kematian pada ikan muda dan telur.

Pencegahan dan Pengendalian:

- **Kualitas Air:**
Menjaga kualitas air yang baik, seperti sirkulasi yang cukup, kadar oksigen terlarut yang tinggi, dan kadar amonia yang rendah, sangat penting untuk mencegah infeksi.
- **Kebersihan:**
Menjaga kebersihan wadah budidaya dan menghindari kepadatan yang berlebihan dapat mengurangi risiko infeksi.
- **Penanganan Ikan:**
Penanganan ikan yang hati-hati untuk menghindari luka atau cedera pada kulit dapat membantu mencegah infeksi.
- **Obat-obatan:**
Beberapa obat-obatan seperti formalin, malachite green, dan metilen biru dapat digunakan untuk mengobati infeksi *saprolegniasis* pada ikan.
- **Bahan Alami:**
Beberapa penelitian juga menunjukkan bahwa bahan alami seperti ekstrak daun bunga tahi ayam dapat digunakan sebagai agen antifungal.

Penting untuk diperhatikan:

- *Saprolegniasis* dapat menyerang berbagai jenis ikan air tawar, termasuk ikan yang dibudidayakan.
- Penyakit ini dapat menyebabkan kerugian ekonomi yang signifikan pada kegiatan budidaya ikan.
- Pengendalian penyakit ini memerlukan kombinasi tindakan pencegahan dan pengobatan yang tepat.



Gambar 46. Ikan terserang jamur *Saprolegnia sp*

5. Brown Blood Disease (Nitrit poisoning)

Penyakit ikan yang disebabkan oleh keracunan nitrit disebut penyakit darah coklat atau **methemoglobinemia**. Keracunan nitrit terjadi ketika kadar nitrit dalam air terlalu tinggi, yang menghambat kemampuan darah ikan untuk mengangkut oksigen.

Penyebab Keracunan Nitrit pada Ikan:

- **Kualitas Air yang Buruk:**
Nitrit adalah produk sampingan dari siklus nitrogen dalam akuarium atau kolam, terutama pada sistem yang belum matang atau kelebihan beban.
- **Kadar Nitrit Tinggi:**
Konsentrasi nitrit yang tinggi dapat berasal dari dekomposisi limbah organik, seperti sisa pakan atau kotoran ikan.
- **Siklus Nitrogen Belum Stabil:**
Akuarium baru atau kolam yang belum memiliki siklus nitrogen yang stabil cenderung memiliki kadar nitrit yang tinggi.

Gejala Keracunan Nitrit pada Ikan:

- **Kesulitan Bernapas:** ikan megap-megap di permukaan air atau berenang tidak normal karena kekurangan oksigen.
- **Insang Berwarna Gelap:** insang ikan bisa tampak lebih gelap dari biasanya.
- **Darah Berwarna Cokelat:** darah ikan yang terinfeksi nitrit akan berubah menjadi cokelat karena pembentukan methemoglobin, yang tidak dapat mengikat oksigen.
- **Kelesuan dan Perilaku Aneh:** ikan bisa menjadi lesu, kehilangan nafsu makan, dan menunjukkan perilaku aneh lainnya.
- **Kemerahan di Sekitar Mata dan Sirip:** beberapa ikan mungkin menunjukkan kemerahan di sekitar mata dan sirip.

Cara Mencegah Keracunan Nitrit:

- **Penyaringan dan Aerasi yang Baik:**
Pastikan sistem filtrasi dan aerasi dalam akuarium atau kolam berfungsi dengan baik.
- **Pengendalian Pakan Ikan:**
Hindari memberi makan ikan secara berlebihan untuk mengurangi limbah organik.
- **Pergantian Air Secara Teratur:**
Ganti sebagian air akuarium atau kolam secara teratur untuk mengurangi kadar nitrit.
- **Penambahan Garam:**
Menambahkan garam dapur (NaCl) ke dalam air dapat membantu ikan mengatasi efek racun nitrit, menurut Algone.
- **Pantau Kualitas Air:**
Lakukan pengujian kualitas air secara teratur untuk memantau kadar nitrit dan amonia.
- **Hindari Overstocking:**
Jangan terlalu banyak memasukkan ikan ke dalam akuarium atau kolam, biarkan bakteri pengurai nitrit berkembang biak.



Gambar 47. Histopatologi insang ikan akibat paparan nitrit



Gambar 48. Insang Ikan terpapar racun nitrit

8.4 Strategi Biosekuriti dalam Sistem RAS

Strategi biosekuriti dalam sistem resirkulasi akuakultur (RAS) melibatkan tindakan pencegahan untuk meminimalkan risiko infeksi penyakit dan menjaga kesehatan ikan. Ini meliputi isolasi, sanitasi, kontrol lalu lintas, seleksi benih dan induk, serta manajemen lingkungan.

Berikut adalah penjelasan lebih detail mengenai strategi biosekuriti dalam sistem RAS:

1. Isolasi:

- **Pemisahan:**
Memisahkan ikan yang baru masuk, ikan sakit, atau ikan yang menunjukkan gejala penyakit dari populasi ikan yang sehat.
- **Pemisahan Berdasarkan Umur/Produksi:**
Memisahkan ikan berdasarkan kelompok umur atau kelompok produksi untuk mengurangi risiko penyebaran penyakit.
- **Fasilitas Isolasi:**
Fasilitas isolasi harus bersih, didesinfeksi, dan dipelihara dengan baik untuk mencegah kontaminasi.

2. Sanitasi:

- **Pembersihan dan Desinfeksi:**
Pembersihan dan desinfeksi secara teratur pada semua peralatan, seperti tempat pakan dan minum, serta seluruh area sistem RAS.
- **Pengendalian Aliran Air:**
Mengendalikan aliran air untuk mencegah penyebaran patogen melalui air.
- **Pembersihan Limbah:**
Membersihkan limbah ikan, seperti feses dan sisa pakan, secara teratur untuk mencegah penumpukan bahan organik yang dapat menjadi sumber penyakit.
- **Sanitasi Personel:**
Sanitasi personel yang terlibat dalam pemeliharaan ikan, termasuk penggunaan pakaian pelindung dan disinfeksi tangan.

3. Kontrol Lalu Lintas:

- **Pencegahan Penyebaran Patogen:** Mencegah masuknya patogen ke dalam sistem RAS melalui manusia, hewan, atau peralatan.
- **Penyaringan Tamu:** Membatasi akses masuk ke area RAS hanya untuk personel yang berkepentingan, dan menerapkan prosedur sanitasi bagi tamu yang masuk.
- **Pemeriksaan Peralatan:** Memeriksa dan mendesinfeksi semua peralatan yang masuk ke area RAS.

4. Seleksi Benih dan Induk Bebas Penyakit:

- **Pemilihan Benih:**
Memilih benih ikan yang berasal dari sumber yang terpercaya dan bebas penyakit.
- **Pemeriksaan Kesehatan:**
Melakukan pemeriksaan kesehatan pada benih dan induk sebelum dimasukkan ke dalam sistem RAS.

5. Manajemen Lingkungan:

- **Kualitas Air:**
Mempertahankan kualitas air yang optimal, termasuk parameter seperti suhu, pH, oksigen terlarut, dan amonia, untuk mendukung kesehatan ikan dan mencegah pertumbuhan patogen.
- **Kepadatan Tebar:**
Mengatur kepadatan tebar ikan yang tepat untuk menghindari stres pada ikan dan memastikan kualitas air yang baik.
- **Penyediaan Pakan:**

Memberikan pakan yang berkualitas dan sesuai dengan kebutuhan ikan untuk menjaga kesehatan dan kekebalan tubuh.

Penerapan biosekuriti yang efektif memerlukan pemahaman tentang penyakit yang mungkin menyerang ikan, serta pengetahuan tentang metode pencegahan dan pengendalian penyakit yang tepat.

8.5 Contoh Kasus: Serangan *Aeromonas* pada Sistem RAS Lele

Situasi:

Petani memelihara 2.000 ekor lele dalam sistem RAS 5 m³. Pada minggu ke-4, ikan mulai menunjukkan gejala lesu, perut buncit, dan kematian meningkat hingga 10% dalam 3 hari.

Diagnosis:

- Air tampak keruh, DO 3.8 mg/L, amonia 0.5 mg/L
- Pemeriksaan menunjukkan infeksi *Aeromonas hydrophila*

Langkah Penanggulangan:

1. Pakan dihentikan sementara 2 hari
2. Aerasi ditambah + sirkulasi ditingkatkan
3. Sifon dasar untuk menghilangkan kotoran
4. Perendaman air garam 3 g/L selama 3 hari
5. Tambahkan daun pepaya cincang sebagai imunostimulan

Hasil:

- Mortalitas berhenti setelah hari ke-5
- Pertumbuhan kembali normal.

BAB IX

PENUTUP

9.1 Kesimpulan Umum

Budidaya ikan dengan sistem **Recirculating Aquaculture System (RAS)** merupakan pendekatan modern yang menjawab berbagai tantangan budidaya konvensional, khususnya dalam hal efisiensi air, kontrol kualitas lingkungan, dan produksi berkelanjutan.

Dari uraian pada buku ini, dapat disimpulkan hal-hal berikut:

1. **RAS adalah sistem tertutup** yang memungkinkan penggunaan air secara efisien melalui sirkulasi, filtrasi, dan rekondisi air untuk digunakan kembali secara berulang.
2. Sistem ini mengandalkan **komponen utama seperti filter mekanis, biofilter, aerasi, dan sistem desinfeksi**, yang bekerja bersama dalam menjaga parameter kualitas air yang optimal.
3. Penerapan RAS sangat relevan untuk budidaya di wilayah urban, lahan sempit, atau area yang kekurangan air bersih.
4. **Manajemen kualitas air** dan pakan sangat berpengaruh terhadap produktivitas dan kesehatan ikan, serta efisiensi sistem secara keseluruhan.
5. RAS cocok untuk berbagai jenis komoditas ikan, baik konsumsi maupun hias, dengan skala usaha yang fleksibel (rumah tangga hingga industri).
6. **Biosekuriti dan kontrol penyakit** dalam sistem tertutup lebih memungkinkan untuk dijalankan secara optimal dibandingkan sistem tradisional.
7. Secara ekonomi, meskipun RAS membutuhkan investasi awal yang relatif besar, sistem ini **berpotensi memberikan keuntungan jangka panjang**, terutama pada skala menengah hingga besar, dengan manajemen yang baik.

9.2 Rekomendasi Pengembangan dan Implementasi

Berdasarkan uraian dalam buku ini, penulis merekomendasikan beberapa hal untuk para pembaca dan praktisi:

Untuk Pemula dan Skala Rumah Tangga:

- Mulailah dari **desain sederhana**, gunakan bahan lokal dan sistem modular yang bisa ditingkatkan.
- Fokus pada **satu jenis ikan yang mudah dikelola**, seperti lele atau nila.
- Prioritaskan **pembelajaran dan pencatatan**, bukan hanya produksi.

Untuk Skala Menengah dan Komersial:

- Lakukan **analisa kelayakan usaha** secara menyeluruh sebelum investasi.
- Gunakan teknologi tambahan seperti **sensor kualitas air otomatis**, sistem aerasi efisien, dan auto feeder.
- Bangun **kemitraan dengan pembeli tetap** atau pembenih untuk efisiensi rantai pasok.

Untuk Pemerintah dan Lembaga Pendidikan:

- Perlu memperbanyak **pelatihan teknis RAS** untuk petani, guru SMK, dan mahasiswa.
- Diperlukan **dukungan kebijakan dan insentif** untuk mendorong RAS sebagai model budidaya berkelanjutan.
- Lakukan **riset dan pengembangan lokal** terhadap desain sistem yang cocok untuk iklim Indonesia.

9.3 Harapan Penulis

Penulis berharap buku ini dapat menjadi **referensi praktis dan akademik** bagi:

- Petani ikan pemula maupun yang ingin beralih ke sistem modern
- Siswa/mahasiswa di bidang perikanan, pertanian, dan lingkungan
- Tenaga penyuluh, guru SMK, dan pelatih vokasi
- Investor yang tertarik mengembangkan **budidaya ikan berkelanjutan**

Dengan meningkatnya kesadaran akan efisiensi sumber daya air, kesehatan ikan, dan jaminan hasil budidaya, sistem RAS diyakini akan menjadi **tulang punggung akuakultur modern Indonesia** ke depan.

9.4 Penutup

Buku ini masih sangat terbuka untuk dikembangkan seiring dengan dinamika teknologi dan penerapan di lapangan. Masukan dan pengalaman dari pembaca, pelaku usaha, dan pendidik sangat penulis harapkan demi penyempurnaan edisi berikutnya. Semoga buku ini menjadi **pemicu semangat pembaruan dalam budidaya perikanan Indonesia**, serta mempercepat terciptanya sistem akuakultur yang efisien, produktif, dan ramah lingkungan.

Salam Akuakultur Berkelanjutan

DAFTAR REFERENSI

- Austin, B. and Austin, D.A. (2007) *Bacterial fish pathogens: diseases of farmed and wild fish*. Springer.
- Badiola, M., Mendiola, D. and Bostock, J. (2012) 'Recirculating Aquaculture Systems (RAS) analysis: Main issues on management and future challenges', *Aquacultural Engineering*, 51, pp. 26–35.
- Bostock, J., McAndrew, B., Richards, R., Jauncey, K., Telfer, T., Lorenzen, K., Little, D., Ross, L., Handisyde, N., & Gatward, I. (2010) 'Aquaculture: global status and trends', *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 365(1554), pp. 2897–2912.
- Boyd, C.E. (2017) 'General relationship between water quality and aquaculture performance in ponds', in *Fish diseases*. Elsevier, pp. 147–166.
- Brown, A.R., Wilson, R.W. and Tyler, C.R. (2024) 'Assessing the benefits and challenges of recirculating aquaculture systems (RAS) for Atlantic Salmon production', *Reviews in Fisheries Science & Aquaculture*, pp. 1–22.
- Ciliberti, R., Alfano, L. and Petralia, P. (2024) 'Ethics in aquaculture: Animal welfare and environmental sustainability', *Journal of Preventive Medicine and Hygiene*, 64(4), p. E443.
- Cong, W. and Elsheikha, H.M. (2021) 'Biology, epidemiology, clinical features, diagnosis, and treatment of selected fish-borne parasitic zoonoses', *The Yale journal of biology and medicine*, 94(2), p. 297.
- Council, N.R. (2011) *Nutrient requirements of fish and shrimp*. National academies press.
- Dalsgaard, J., Lund, I., Thorarinsdottir, R., Drengstig, A., Arvonen, K., & Pedersen, P. B. (2013) 'Farming different species in RAS in Nordic countries: Current status and future perspectives', *Aquacultural engineering*, 53, pp. 2–13.
- Delabbio, J., Murphy, B. R., Johnson, G. R., & McMullin, S. L.. (2004) 'An assessment of biosecurity utilization in the recirculation sector of finfish aquaculture in the United States and Canada', *Aquaculture*, 242(1–4), pp. 165–179.
- Department, A.O. of the U.N.F. (2018) *The state of world fisheries and aquaculture*. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Ebeling, J.M. and Timmons, M.B. (2012) 'Recirculating aquaculture systems', *Aquaculture production systems*, pp. 245–277.
- FAO. (2016). Aquaculture. Fishery and Aquaculture Country Profiles. The Republic of Kenya. FAO, Rome.
- FAO. (2020). The State of World Fisheries and Aquaculture 2020. Sustainability in action. Rome. <https://doi.org/10.4060/ca9229en>.
- Firdausi, A.P. *et al.* (2024) 'Efektivitas Budidaya Ikan Lele Dengan Recirculating Aquaculture System (Ras) Di Sujafish Farm, Kecamatan Cikole, Kota Sukabumi', *Risalah Kebijakan Pertanian Dan Lingkungan Rumusan Kajian Strategis Bidang Pertanian Dan Lingkungan*, 11(1), pp. 1–12. Available at: <https://doi.org/10.29244/jkebijakan.v11i1.51105>.
- Garza, M., Mohan, C. V., Rahman, M., Wieland, B., & Häsler, B.. (2019) 'The role of infectious disease impact in informing decision-making for animal health management in aquaculture systems in Bangladesh', *Preventive veterinary medicine*, 167, pp. 202–213.
- Guenard, R. (2021) *Poisson from a petri dish*, *Inform.* Available at: <https://doi.org/10.4060/ca9229en>.

- Harwanto, D. and Jo, J.-Y. (2010) 'The Need of Biofilter for Ammonia Removal in Recirculating Aquaculture System', *Journal of Marine Bioscience and Biotechnology*, 4(1), pp. 1–5.
- Hasan, M.R. and New, M.B. (2013) 'On-farm feeding and feed management in aquaculture', *FAO fisheries and aquaculture technical paper*, (583), p. I.
- Holan, A.B., Good, C. and Powell, M.D. (2020) 'Health management in recirculating aquaculture systems (RAS)', in *Aquaculture health management*. Elsevier, pp. 281–318.
- Jacinda, A.K. (2021) 'Resirculating aquaculture system (RAS) technology applications in Indonesia: a review', *Jurnal Perikanan dan Kelautan*, 11(1), pp. 43–59.
- Jobling, M. (2012) 'National Research Council (NRC): Nutrient requirements of fish and shrimp: The National Academies Press, Washington, DC, 2011, 376+ XVI pp, £ 128 (Hardback), ISBN: 978-0-309-16338-5'. Springer.
- Johansen, L.-H., Jensen, I., Mikkelsen, H., Bjørn, P.-A., Jansen, P. A., & Bergh, Ø. (2011) 'Disease interaction and pathogens exchange between wild and farmed fish populations with special reference to Norway', *Aquaculture*, 315(3–4), pp. 167–186.
- John Wiley & Sons. Setyono, B.D.H. et al. (2021) 'Penerapan Teknologi Recirculating Aquaculture System (Ras) Untuk Perbaikan Kualitas Lingkungan Pada Budidaya Ikan Nila Di Desa Sokong Kecamatan Tanjung Kabupaten Lombok Utara', *Indonesian Journal of Fisheries Community Empowerment*, 1(1), pp. 69–76. Available at: <https://doi.org/10.29303/jppi.v1i1.128>.
- Krkošek, M. (2017) 'Population biology of infectious diseases shared by wild and farmed fish', *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 74(4), pp. 620–628.
- Li, D. et al. (2022) 'Advanced techniques for the intelligent diagnosis of fish diseases: A review', *Animals*, 12(21), p. 2938.
- MAR, F., Mony, S.F.A. and Hasan, M.M. (2012) 'Status of biosecurity and health management in fish hatcheries', *Knowledge is Power*, 1(5), p. 2.
- Murray, F., Bostock, J. and Fletcher, D. (2014) 'Review of recirculation aquaculture system technologies and their commercial application'.
- Noga, E.J. (2010) *Fish disease: diagnosis and treatment*.
- Rakocy, J., Shultz, R. C., Bailey, D. S., & Thoman, E. S. (2003, February) 'Aquaponic production of tilapia and basil: comparing a batch and staggered cropping system. In South Pacific Soilless Culture Conference-SPSCC 648, pp. 63-69.
- Rusten, B., Eikebrokk, B., Ulgenes, Y., & Lygren, E. (2006) 'Design and operations of the Kaldnes moving bed biofilm reactors'. *Aquacultural engineering*, 34(3), pp. 322-331.
- Setyono, B. D. H., Junaidi, M., Scabra, A. R., & Kaswadi, H. (2021) 'Penerapan Teknologi Recirculating Aquaculture System (Ras) Untuk Perbaikan Kualitas Lingkungan Pada Budidaya Ikan Nila Di Desa Sokong Kecamatan Tanjung Kabupaten Lombok Utara'. *Indonesian Journal of Fisheries Community Empowerment*, 1(1), pp. 69–76. <https://doi.org/10.29303/jppi.v1i1.128>.
- Somerville, C., Cohen, M., Pantanella, E., Stankus, A., & Lovatelli, A. (2014) 'Small-scale aquaponic food production: integrated fish and plant farming'. *FAO Fisheries and aquaculture technical paper*, (589), I.
- Sukarno, R., Ramadhan, M. F., Andriansyah, F., Adigutama, Y., Syamsuir, & Sampurno, H. (2023) 'Sistem Resirkulasi Air Otomatis Untuk Penghematan Air Bersih Dan Energi Pada Budidaya Ikan Nila. *Jurnal Konversi Energi Dan Manufaktur*, 9, pp. 43–52. <https://doi.org/10.21009/jkem.9.1.5>.
- Summerfelt, S. T. (2006) 'Design and management of conventional fluidized-sand biofilters'. *Aquacultural Engineering*, 34(3), pp. 275-302.

- Suriasni, P. A., Faizal, F., Panatarani, C., Hermawan, W., & Joni, I. M. (2023) 'A Review Of Bubble Aeration In Biofilter To Reduce Total Ammonia Nitrogen Of Recirculating Aquaculture System'. *Water*, 15(4), pp. 808.
- Susanti, Y. A. D., Pramudia, Z., Amin, A. A., Salamah, L. N., Yanuar, A. T., & Kurniawan, A. (2021) 'Peningkatan Produksi Pangan melalui Sistem Integrasi Teknologi Aquaponics-Recirculating Aquaculture System (A-RAS) pada Budidaya Ikan Lele di Desa Kaliuntu Kabupaten Tuban'. *Rekayasa*, 14(1), pp. 121–127. <https://doi.org/10.21107/rekayasa.v14i1.10254>
- Terjesen, B. F., Summerfelt, S. T., Nerland, S., Ulgenes, Y., Fjæra, S. O., Reiten, B. K. M., Selset, R., Kolarevic, J., Brunsvik, P., & Bæverfjord, G. (2013) 'Design, dimensioning, and performance of a research facility for studies on the requirements of fish in RAS environments'. *Aquacultural Engineering*, 54, pp. 49–63.
- Timmons, M. B., & Ebeling, J. M. (2013). Recirculating aquaculture, Ithaca Publishing Company. LLC, Ithaca, NY.
- Tong, C., He, K., & Hu, H. (2024) 'Design and application of new aeration device based on recirculating aquaculture system'. *Applied Sciences*, 14(8), pp. 3401.
- Verma, V. (2008) 'Fungus disease in fish, diagnosis and treatment'. *Veterinary World*, 1(2), pp. 62.
- Wheaton, F. W. (1993). *Aquacultural engineering*.
- Zhang, R., Chen, T., Wang, Y., & Short, M. (2024) 'An optimisation approach for the design and operation of recirculating aquaculture systems integrated with sustainable hybrid energy systems'. *Journal of Cleaner Production*, 477, 143860.

BIBLIOGRAFI PENULIS

Teguh Harijono



Teguh Hariyono dilahirkan di Malang. Menyelesaikan pendidikan Sarjana pada Program Studi Sosial Ekonomi Perikanan di Universitas Dr. Soetomo pada tahun 1993, kemudian meraih gelar Magister Perikanan (M.P) dari Universitas Brawijaya pada tahun 2007 pada Program Studi Pengelolaan Tanah dan Air. Pengalamannya di bidang akademis antara lain mengajar mata kuliah Teknik Pembesaran Ikan, Teknik Pembenihan Ikan, dan Budidaya Sistem Resirkulasi. Untuk memperkaya kompetensi, penulis aktif mengikuti pelatihan seperti Asesor Kompetensi BNSP (2018) serta Training of Trainers CBIB (Cara Budidaya Ikan yang Baik) pada tahun 2022 dan 2023. Penulis kerap menjadi narasumber dalam pelatihan budidaya perikanan di berbagai wilayah di Indonesia dan saat ini berperan sebagai Asesor Kompetensi BNSP untuk bidang keahlian budidaya perikanan. Beberapa karya ilmiah penelitian telah diterbitkan dalam beberapa jurnal nasional dan internasional serta beberapa buku ilmiah.

Lusiana BR. Ritonga, M.P.



Lusiana BR. Ritonga, M.P lahir di Aek Nabara. Menempuh pendidikan Sarjana Perikanan di Universitas Brawijaya Malang (lulus 2014) dan menyelesaikan Program Magister di universitas yang sama pada tahun 2016. Dengan motto "Maksimalkan potensi dirimu untuk menjawab teka-teki dunia", beliau terus mengembangkan keahlian melalui pelatihan seperti Asesor Kompetensi BNSP (2020) dan TOT CBIB (2022 dan 2023). Penulis aktif dalam organisasi profesi, termasuk Ikatan Sarjana Perikanan Indonesia (ISPIKANI), Jejaring Laboratorium Pengujian dan Penyakit Mutu Hasil Perikanan (JLPPMHP), serta Perkumpulan Program Studi Akuakultur Indonesia (PPSAI). Sebagai Asesor Kompetensi BNSP bidang keahlian budidaya perikanan, penulis juga telah menerbitkan berbagai karya ilmiah dalam jurnal nasional-internasional dan buku ilmiah.