

PENANGANAN PASCA PANEN PERIKANAN KARANG BERKELANJUTAN

Penulis:

**Prof. Dr. Ir. Jumriah Langkong, MP.
Dedy Putra Wahyudi, S.Pi., M.Si.**



GET PRESS INDONESIA

PENANGANAN PASCA PANEN PERIKANAN KARANG BERKELANJUTAN

Penulis : Prof. Dr. Ir. Jumriah Langkong, MP.
Dedy Putra Wahyudi, S.Pi., M.Si.

ISBN :

Editor : Mila Sari, M.Si.

Penyunting: Yuliatr Novita, M.Hum.

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

Penerbit: GET PRESS INDONESIA
Anggota IKAPI No. 033/SBA/2022

Redaksi:

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

Cetakan pertama, Juli 2024

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

KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan puji syukur kehadiran Allah SWT, atas limpahan rahmat dan hidayahNya, maka Penulisan Buku dengan judul Penanganan Pasca Panen Perikanan Karang Berkelanjutan dapat diselesaikan dengan kerjasama tim penulis. Buku ini hadir untuk menjawab urgensi dalam mengatasi tantangan perikanan karang serta pentingnya adaptasi dan inovasi dalam praktik penanganan pasca panen. Kami berharap dapat memberikan kontribusi berarti melalui pemaparan tentang ekosistem karang, biodiversitas perairan, dan peran ekosistem ini dalam ekologi laut dan ekonomi lokal. Buku ini juga menguraikan berbagai tantangan dalam penanganan pasca panen, termasuk kualitas hasil tangkapan, infrastruktur dan teknologi, serta kapasitas sumber daya manusia. Kami juga menyajikan prinsip-prinsip dan teknik-teknik penanganan pasca panen yang berkelanjutan, termasuk metode pengawetan, sistem penyimpanan, serta pemanfaatan teknologi tepat guna untuk efisiensi dan pengelolaan limbah. Melalui pemahaman dan penerapan *Critical Control Point* (CCP) dan HACCP, kami berharap buku ini dapat menjadi panduan praktis dan strategis bagi keberlanjutan perikanan karang.

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

Padang, Juli 2024

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR GAMBAR.....	v
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Urgensi Mengatasi Tantangan Perikanan Karang	3
1.2 Pentingnya Adaptasi dan Inovasi dalam Praktik Penanganan Pasca Panen	5
1.3 Kontribusi Buku Ini	6
1.4 Tujuan Buku.....	8
1.5 Kesadaran Kritis dan Tindakan Kolaboratif.....	9
 BAB 2 PENTINGNYA EKOSISTEM KARANG	 11
2.1 Ekosistem karang.....	11
2.2 Biodiversitas Perairan Karang	16
2.3 Peran Ekosistem Karang Dalam Ekologi Laut Dan Ekonomi Lokal.....	22
2.3.1 Peran ekosistem karang dalam ekologi laut.....	22
2.3.2 Peran Ekosistem Karang dalam Ekonomi Lokal	24
2.3.3 Dampak Terumbu Karang terhadap Kesejahteraan Manusia.....	26
2.3.4 Tantangan dalam Mempertahankan Peran Ekosistem Karang	27
2.3.5 Upaya Konservasi dan Pengelolaan Berkelanjutan ...	30
 BAB 3 TANTANGAN DALAM PENANGANAN PASCA PANEN PERIKANAN KARANG	 33
3.1 Kualitas Hasil Tangkapan.....	33
3.1.1 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Kualitas Hasil Tangkapan.....	33
3.1.2 Tantangan dalam Mempertahankan Kualitas Hasil Tangkapan.....	35
3.1.3 Upaya Peningkatan Kualitas Hasil Tangkapan.....	36
3.2 Infrastruktur dan Teknologi Penanganan Pasca Panen....	39
3.2.1 Infrastruktur Penanganan Pasca Panen.....	39

3.2.2 Teknologi Penanganan Pasca Panen	41
3.2.3 Tantangan dan Upaya Peningkatan Infrastruktur dan Teknologi.....	44
3.3 Kapasitas dan Pelatihan Sumber Daya Manusia	47
3.3.1 Pentingnya Kapasitas dan Pelatihan	47
3.3.2 Pelatihan yang Diperlukan.....	49
3.3.3 Upaya Peningkatan Kapasitas dan Pelatihan.....	54
 BAB 4 PRINSIP PENANGANAN PASCA PANEN	
BERKELANJUTAN	57
4.1 Definisi Penanganan Pasca Panen.....	57
4.2 Relevansi Penanganan Pasca Panen.....	62
4.3 Penanganan Pasca Panen Berkelanjutan	68
 BAB 5 TEKNIK PENANGANAN PASCA PANEN	72
5.1 Teknik-Teknik Penanganan Pasca Panen.....	72
5.1.1 Pemotongan	72
5.1.2 Pembersihan.....	75
5.1.3 Pengolahan Awal.....	79
5.2 Penanganan Ikan Hidup.....	83
5.2.1 Penangkapan dan Penanganan	83
5.2.2 Penyimpanan dan Pemeliharaan.....	87
5.2.3 Transportasi Ikan Hidup.....	90
5.3 Metode Pengawetan dan Sistem Penyimpanan	93
5.3.1 Metode Pengawetan	94
5.3.2 Sistem Penyimpanan.....	98
5.3.3 Pemantauan dan Pengendalian Kualitas	102
5.4 Pemanfaatan Teknologi Tepat Guna untuk Efisiensi dan Limbah	105
5.4.1 Teknologi Pemotongan dan Pembersihan	105
5.4.2 Teknologi Pengolahan dan Pengawetan	109
5.4.3 Teknologi Penyimpanan.....	113
5.4.4 Pengelolaan Limbah dan Efisiensi	117
5.5 Critical Control Point (CCP) dalam Proses Pembekuan Ikan.....	120

5.5.1 Identifikasi Tahapan CCP	122
5.5.2 Penerapan HACCP dalam Proses Pembekuan	127
DAFTAR PUSTAKA.....	132
BIODATA PENULIS	145

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Kerusakan terumbu karang akibat trawl dan bom ikan.....	13
Gambar 2. Pemutihan karang	14
Gambar 3. Terumbu karang sebagai tempat berlindung organisme dari predator.....	23
Gambar 4. Tradisi lilifuk di Nusa Tenggara Timur	26
Gambar 5. Contoh penanganan ikan di atas kapal yang kurang higienis	35
Gambar 6. Penempatan hasil tangkapan pada cold storage ...	37
Gambar 7. Infrastruktur transportasi produk perikanan yang memadai	38
Gambar 8. Kondisi hasil tangkapan nelayan skala kecil pada perikanan karang.....	40
Gambar 9. Ilustrasi proses individual quick freezing	42
Gambar 10. Contoh penerapan teknik vacuum packing padaproduk perikanan	43
Gambar 11. Ilustrasi penempatan produk perikanan pada cold storage	45
Gambar 12. Proses pembersihan dan pemotongan pada insdustri pengolahan perikanan.....	58
Gambar 13. Proses filleting dan produk fillet/loin grade AA tujuan jepang.....	59
Gambar 14. Penerapan IQF pada produk udang.....	60
Gambar 15. Penempatan hasil tangkapan pada cold stograge.....	61
Gambar 16. Sarana pendistribusian produk perikanan.....	62
Gambar 17. Contoh pemotongan tuna saku ekspor grade AAA	75
Gambar 18. Ilustrasi pembersihan pada perusahaan pengolahan tuna.....	77

Gambar 19. Proses filleting pada industri pengolahan perikanan berstandar ekspor.....	80
Gambar 20. Pengolahan ikan asin tradisional.....	81
Gambar 21. Fillet ikan yang telah melalui proses blast freezing.....	82
Gambar 22. Perangkap ikan tradisional (bubu) untuk menangkap ikan dalam kondisi hidup.....	86

BAB 1

PENDAHULUAN

Sustainability dalam konteks perikanan karang merupakan aspek yang sangat penting dalam konservasi laut dan pengelolaan sumber daya perikanan. Perikanan karang tidak hanya menyediakan sumber protein yang signifikan bagi masyarakat pesisir, tetapi juga mendukung mata pencaharian jutaan nelayan di seluruh dunia. Namun, perikanan karang menghadapi berbagai tantangan yang mengancam keberlanjutan jangka panjangnya, termasuk *Overfishing*, kerusakan habitat, dan perubahan iklim (McClanahan, 2021). Buku ini bertujuan untuk mengupas tuntas tentang pentingnya penerapan praktik penanganan pasca panen yang berkelanjutan dalam perikanan karang untuk mengatasi tantangan-tantangan tersebut.

Selain itu, terumbu karang juga memainkan peran penting dalam siklus nutrisi dan energi di ekosistem laut. Mereka membantu menyaring air laut, mengurangi dampak polusi, dan menyediakan tempat bagi berbagai spesies laut untuk berkembang biak. Terumbu karang juga berfungsi sebagai penangkap sedimen, membantu menjaga kejernihan air laut dan mendukung kehidupan laut yang bergantung pada kondisi air yang bersih. Fungsi-fungsi ini menjadikan terumbu karang sebagai penunjang kehidupan laut yang penting dan tak tergantikan.

Industri pariwisata juga sangat bergantung pada kesehatan dan keberlanjutan terumbu karang. Banyak wisatawan yang datang untuk menyelam dan *snorkling* di perairan karang, menikmati

keindahan dan keanekaragaman hayati yang luar biasa dari ekosistem ini. Kegiatan wisata bahari seperti ini menciptakan lapangan kerja dan peluang ekonomi bagi masyarakat setempat, serta memberikan kontribusi signifikan terhadap pendapatan daerah (Sangaji et al., 2024). Terumbu karang yang sehat dan terjaga dengan baik dapat menjadi daya tarik wisata yang berkelanjutan dan menguntungkan bagi ekonomi lokal.

Dalam rangka mengatasi tantangan ini, berbagai inisiatif dan program konservasi telah diluncurkan di seluruh dunia. Misalnya, pembentukan kawasan konservasi laut, restorasi terumbu karang, dan penelitian ilmiah tentang cara-cara untuk meningkatkan ketahanan terumbu karang terhadap perubahan lingkungan. Inisiatif-inisiatif ini bertujuan untuk melindungi dan memulihkan ekosistem karang, serta memastikan bahwa mereka tetap sehat dan produktif di masa depan. Pembentukan kawasan konservasi laut, misalnya, dapat membantu melindungi habitat karang dari tekanan manusia dan memberikan waktu bagi ekosistem untuk pulih.

Penanganan pasca panen yang baik juga berperan dalam mengurangi tekanan penangkapan pada sektor perikanan karang (Tsironi, 2023). Dengan meningkatkan kualitas dan nilai tambah dari hasil tangkapan, nelayan tidak perlu menangkap ikan dalam jumlah yang berlebihan untuk mencapai keuntungan yang sama. Teknik-teknik penanganan pasca panen yang efisien, seperti pemotongan yang tepat, pembersihan yang higienis, dan metode pengawetan yang efektif, dapat memastikan bahwa ikan yang ditangkap tetap dalam kondisi terbaik hingga sampai ke konsumen. Hal ini tidak hanya mengurangi limbah dan kerugian, tetapi juga memperpanjang umur simpan ikan, sehingga nelayan dapat menjual produk mereka dengan harga yang lebih tinggi dan dalam jangka waktu yang lebih lama. Tidak hanya itu, keterlibatan masyarakat dalam upaya konservasi juga menjadi kunci

keberhasilan. Pendekatan berbasis komunitas yang melibatkan nelayan dan penduduk setempat dalam pengelolaan sumber daya perikanan karang terbukti efektif dalam menjaga keberlanjutan ekosistem ini. Edukasi dan pelatihan mengenai praktik perikanan berkelanjutan serta pentingnya menjaga kesehatan terumbu karang dapat meningkatkan kesadaran dan partisipasi aktif masyarakat dalam upaya konservasi.

Dengan demikian, buku ini tidak hanya akan membahas aspek teknis dari penanganan pasca panen perikanan karang, tetapi juga akan menyoroti pentingnya pendekatan holistik yang melibatkan berbagai pemangku kepentingan. Kolaborasi antara pemerintah, akademisi, industri, dan masyarakat merupakan kunci untuk menciptakan solusi yang berkelanjutan dan efektif. Buku ini diharapkan dapat menjadi panduan praktis dan sumber inspirasi bagi semua pihak yang terlibat dalam upaya konservasi dan pengelolaan perikanan karang yang berkelanjutan. Dengan memahami dan menerapkan praktik-praktik berkelanjutan, kita dapat memastikan bahwa perikanan karang akan terus memberikan manfaat ekologis, ekonomi, dan sosial yang signifikan bagi generasi sekarang dan masa depan. Buku ini diharapkan dapat membuka wawasan dan memberikan panduan praktis untuk mengatasi berbagai tantangan yang dihadapi dalam pengelolaan perikanan karang, sehingga ekosistem ini dapat terus berfungsi sebagai salah satu pilar utama keberlanjutan laut dan kesejahteraan manusia.

1.1 Urgensi Mengatasi Tantangan Perikanan Karang

Ekosistem karang merupakan salah satu ekosistem laut yang paling produktif dan *biodiverse* di dunia. Mereka menyediakan habitat bagi berbagai spesies ikan dan organisme laut lainnya, yang membentuk rantai makanan yang kompleks dan mendukung

kehidupan laut secara keseluruhan. Terumbu karang berfungsi sebagai tempat berlindung, berkembang biak, dan mencari makan bagi ribuan spesies laut, dari mikroorganisme hingga ikan besar (Adey, 2024). Ekosistem ini juga berperan penting dalam melindungi garis pantai dari erosi dan gelombang badai, serta mendukung ekonomi lokal melalui pariwisata dan perikanan. Praktik penangkapan ikan yang tidak berkelanjutan telah menyebabkan penurunan drastis populasi ikan karang, kerusakan terumbu karang, dan hilangnya biodiversitas. *Overfishing*, penggunaan alat tangkap yang merusak, serta perubahan iklim yang menyebabkan pemutihan karang dan peningkatan suhu laut, semuanya berkontribusi pada degradasi ekosistem karang (Rummer & Illing, 2022). *Overfishing*, terutama penangkapan ikan yang berlebihan dan selektif terhadap spesies tertentu, telah mengganggu keseimbangan ekosistem dan menurunkan kemampuan regeneratif terumbu karang.

Kerusakan habitat juga diperparah oleh praktik-praktik destruktif seperti penggunaan bahan peledak dan racun dalam menangkap ikan, yang tidak hanya membunuh ikan target tetapi juga merusak struktur fisik terumbu karang. Selain itu, perubahan iklim global telah menyebabkan pemanasan laut, yang memicu peristiwa pemutihan karang secara massal (van Woesik & Shlesinger, 2023). Pemutihan karang terjadi ketika suhu air yang tinggi menyebabkan karang mengeluarkan *zooxanthellae*, alga simbiotik yang memberi warna dan nutrisi pada karang (Zhao & Yu, 2014). Tanpa alga ini, karang menjadi putih dan rentan terhadap penyakit dan kematian. Kerusakan ekosistem karang tidak hanya berdampak pada kehidupan laut, tetapi juga pada kehidupan manusia yang bergantung pada sumber daya laut ini. Masyarakat pesisir, yang banyak di antaranya bergantung pada perikanan sebagai sumber utama pangan dan pendapatan, mengalami kesulitan ekonomi akibat penurunan hasil tangkapan ikan. Selain

itu, degradasi terumbu karang mengurangi daya tarik wisata, yang merupakan sumber pendapatan penting bagi banyak negara berkembang. Oleh karena itu, upaya untuk mengatasi tantangan-tantangan ini sangat mendesak dan memerlukan pendekatan yang komprehensif dan berkelanjutan.

1.2 Pentingnya Adaptasi dan Inovasi dalam Praktik Penanganan Pasca Panen

Untuk mengatasi tantangan-tantangan ini, diperlukan adaptasi dan inovasi dalam praktik penanganan pasca panen. Penanganan pasca panen yang tepat tidak hanya membantu menjaga kualitas dan nilai gizi produk perikanan karang, tetapi juga mengurangi tekanan ekologi perikanan karang. Melalui teknik penanganan yang baik, seperti pemotongan, pembersihan, dan pengawetan yang efisien, nelayan dapat memastikan bahwa hasil tangkapan mereka tetap dalam kondisi terbaik hingga sampai ke konsumen. Teknologi dan metode penanganan yang inovatif dapat membantu meningkatkan nilai hasil tangkapan sehingga nelayan tidak perlu meningkatkan upaya penangkapan untuk mencukupi kebutuhan hidup mereka.

Teknik penanganan pasca panen yang tepat mencakup berbagai langkah, mulai dari penanganan ikan segera setelah penangkapan hingga proses pengolahan, penyimpanan, dan distribusi. Pemotongan yang dilakukan dengan hati-hati dan higienis dapat mencegah kontaminasi dan mempertahankan kualitas daging ikan. Pembersihan yang efisien menggunakan air bersih dan alat yang tepat membantu menghilangkan kotoran dan patogen, sementara pengawetan yang efektif, seperti pembekuan cepat dan penggunaan bahan pengawet alami, dapat memperpanjang umur simpan ikan tanpa mengorbankan kualitas .

Inovasi dalam teknologi penanganan pasca panen, seperti penggunaan alat pemotong otomatis, sistem pembersihan berteknologi tinggi, dan teknologi pengawetan terbaru, juga dapat membantu mengoptimalkan proses dan mengurangi pemborosan. Selain itu, pelatihan dan pendidikan bagi nelayan dan pekerja di industri perikanan tentang praktik penanganan yang baik sangat penting untuk memastikan bahwa teknologi dan metode ini digunakan dengan benar dan efektif. Dengan demikian, adaptasi dan inovasi dalam praktik penanganan pasca panen dapat berkontribusi secara signifikan terhadap keberlanjutan perikanan karang.

1.3 Kontribusi Buku Ini

Buku ini dirancang untuk memberikan panduan komprehensif mengenai praktik penanganan pasca panen yang berkelanjutan dalam perikanan karang. Buku ini akan membahas dasar-dasar perikanan karang, tantangan yang dihadapi, dan prinsip-prinsip fundamental penanganan pasca panen. Selain itu, buku ini juga akan mengupas teknik-teknik penanganan yang efektif, metode pengawetan dan penyimpanan, serta pemanfaatan teknologi tepat guna. Dengan menyediakan informasi yang mendetail dan praktis, buku ini bertujuan untuk menjadi referensi utama bagi nelayan, pengelola perikanan, dan pemangku kepentingan lainnya dalam upaya meningkatkan keberlanjutan perikanan karang.

Kontribusi buku ini tidak hanya terletak pada penyediaan informasi teknis, tetapi juga pada peningkatan kesadaran akan pentingnya praktik berkelanjutan dalam perikanan. Buku ini menyajikan analisis mendalam tentang dampak lingkungan dari praktik penangkapan ikan yang tidak berkelanjutan dan menawarkan solusi praktis untuk mengurangi dampak tersebut.

Selain itu, buku ini juga mengeksplorasi berbagai studi kasus dari seluruh dunia yang menunjukkan keberhasilan implementasi praktik penanganan pasca panen yang berkelanjutan, memberikan contoh nyata yang dapat diikuti oleh komunitas perikanan lainnya.

Buku ini juga berupaya untuk menjembatani kesenjangan antara ilmu pengetahuan dan praktik di lapangan. Dengan menyatukan hasil penelitian ilmiah terbaru dengan pengalaman praktis dari nelayan dan pengelola perikanan, buku ini menawarkan pendekatan holistik yang dapat diterapkan dalam berbagai konteks lokal. Pendekatan ini penting untuk memastikan bahwa solusi yang ditawarkan dapat diadopsi dengan mudah dan efektif oleh komunitas perikanan karang di berbagai belahan dunia.

1.4 Tujuan Buku

Tujuan utama buku ini adalah untuk meningkatkan kesadaran dan pengetahuan nelayan, pengelola perikanan, dan pemangku kepentingan lainnya tentang pentingnya praktik penanganan pasca panen yang berkelanjutan. Dengan demikian, diharapkan dapat tercipta perubahan positif dalam cara pengelolaan sumber daya perikanan karang, yang pada gilirannya akan mendukung keberlanjutan ekosistem karang dan kesejahteraan masyarakat pesisir.

Buku ini bertujuan untuk menyediakan alat dan sumber daya yang diperlukan untuk menerapkan praktik penanganan pasca panen yang berkelanjutan. Ini termasuk panduan langkah demi langkah tentang teknik penanganan yang baik, studi kasus tentang keberhasilan implementasi praktik berkelanjutan, dan daftar sumber daya tambahan untuk pelatihan dan pendidikan. Dengan memberikan pengetahuan dan keterampilan yang diperlukan, buku ini berharap dapat memberdayakan komunitas perikanan karang untuk mengelola sumber daya mereka dengan lebih efektif dan berkelanjutan.

Selain itu, buku ini juga bertujuan untuk mendorong inovasi dalam industri perikanan karang. Dengan mempromosikan

penggunaan teknologi terbaru dan metode yang efisien, buku ini berupaya untuk membantu nelayan dan pengelola perikanan meningkatkan produktivitas dan keuntungan mereka sambil tetap menjaga kelestarian lingkungan. Inovasi ini penting untuk memastikan bahwa perikanan karang dapat beradaptasi dengan tantangan masa depan dan tetap menjadi sumber daya yang berkelanjutan bagi generasi mendatang.

1.5 Kesadaran Kritis dan Tindakan Kolaboratif

Akhirnya, buku ini juga mengajak para pembaca untuk mengembangkan kesadaran kritis mengenai kondisi perikanan karang saat ini dan pentingnya tindakan kolaboratif untuk melindungi dan melestarikannya. Melalui upaya bersama dalam menerapkan praktik-praktik berkelanjutan, kita dapat memastikan bahwa perikanan karang akan terus menjadi sumber daya yang bermanfaat bagi generasi mendatang.

Kesadaran kritis mencakup pemahaman mendalam tentang tantangan yang dihadapi oleh ekosistem karang dan dampak dari tindakan manusia terhadap lingkungan laut. Ini juga berarti mengakui peran kita dalam menyebabkan dan mengatasi masalah tersebut. Dengan meningkatkan kesadaran kritis, buku ini berharap dapat mendorong pembaca untuk mengambil tindakan nyata dalam mendukung praktik berkelanjutan.

Tindakan kolaboratif sangat penting untuk mencapai tujuan keberlanjutan. Kerja sama antara nelayan, ilmuwan, pengelola perikanan, pemerintah, dan organisasi non-pemerintah diperlukan untuk mengembangkan dan menerapkan strategi yang efektif. Buku ini menyoroti pentingnya kolaborasi lintas sektor dan memberikan contoh-contoh sukses dari seluruh dunia di mana

upaya bersama telah menghasilkan perubahan positif yang signifikan.

Dengan penekanan pada kesadaran kritis dan tindakan kolaboratif, buku ini berharap dapat memobilisasi komunitas perikanan karang untuk bekerja bersama dalam menjaga dan melestarikan ekosistem karang. Dengan demikian, kita dapat memastikan bahwa sumber daya ini akan tetap ada untuk dinikmati dan dimanfaatkan oleh generasi mendatang.

BAB 2

PENTINGNYA EKOSISTEM KARANG

2.1 Ekosistem karang

Ekosistem karang adalah salah satu ekosistem laut yang paling produktif dan beragam di dunia, yang memainkan peran penting dalam menjaga keseimbangan ekologis dan menyediakan sumber daya bagi manusia. Terumbu karang terbentuk dari koloni polip koral, organisme kecil yang hidup bersama dalam hubungan simbiosis dengan alga mikroskopis yang disebut *zooxanthellae* (Zhao & Yu, 2014). Koral ini mensekresikan kalsium karbonat yang membentuk struktur keras dan kompleks yang kita kenal sebagai terumbu karang. Terumbu karang berkembang di perairan tropis yang jernih dan dangkal, di mana sinar matahari dapat menembus air dan mendukung proses fotosintesis oleh *zooxanthellae*.

Karang adalah hewan laut dari kelas Anthozoa, yang termasuk dalam filum Cnidaria. Mereka memiliki tubuh yang sederhana dengan mulut yang dikelilingi oleh tentakel yang berfungsi untuk menangkap makanan (Horowitz et al., 2024). Koral hidup berkoloni dan setiap individu koral disebut polip. Polip koral biasanya hanya berdiameter beberapa milimeter, tetapi koloni koral bisa tumbuh sangat besar dan membentuk struktur yang kompleks. Ketika banyak koloni koral bergabung dan tumbuh bersama dalam jangka waktu yang lama, mereka membentuk terumbu karang. Terumbu karang adalah struktur besar yang terdiri dari banyak koloni koral yang saling terhubung dan menyatu.

Terumbu karang terbagi menjadi beberapa jenis utama, termasuk terumbu tepi (*fringing reefs*), terumbu penghalang

(*barrier reefs*), dan atol (Sagai et al., 2017). Terumbu tepi adalah jenis terumbu karang yang paling umum dan terbentuk di dekat pantai. Selanjutnya, terumbu penghalang biasanya terbentuk lebih jauh dari pantai dan dipisahkan oleh laguna yang dalam, sedangkan atol adalah terumbu karang yang terbentuk di sekitar pulau vulkanik yang tenggelam, menciptakan lingkaran atau cincin karang yang mengelilingi laguna sentral. Setiap jenis terumbu karang memiliki karakteristik unik dan mendukung berbagai jenis kehidupan laut.

Ekosistem karang memiliki peran ekologis yang sangat penting. Mereka menyediakan habitat bagi lebih dari 25% dari semua spesies laut, meskipun hanya menutupi kurang dari 1% dari dasar laut (Mulyono et al., 2018). Keanekaragaman hayati yang tinggi di terumbu karang membantu menjaga keseimbangan ekosistem laut dan mendukung berbagai interaksi ekologis yang kompleks. Terumbu karang juga berfungsi sebagai tempat berlindung, berkembang biak, dan mencari makan bagi berbagai jenis ikan dan makhluk laut lainnya. Mereka menyediakan tempat bagi ikan-ikan muda untuk tumbuh dan berkembang sebelum mereka bermigrasi ke perairan yang lebih dalam.

Selain itu, terumbu karang juga memainkan peran penting dalam siklus nutrisi dan energi di ekosistem laut. Mereka membantu menyaring air laut, mengurangi dampak polusi, dan menyediakan tempat bagi berbagai spesies laut untuk berkembang biak. Terumbu karang juga berfungsi sebagai penangkap sedimen, membantu menjaga kejernihan air laut dan mendukung kehidupan laut yang bergantung pada kondisi air yang bersih. Fungsi-fungsi ini menjadikan terumbu karang sebagai penunjang kehidupan laut yang penting dan tak tergantikan.

Dalam konteks manusia, terumbu karang adalah sumber daya penting bagi banyak masyarakat pesisir. Mereka menyediakan

makanan, mata pencaharian, dan bahan baku bagi berbagai industri, termasuk perikanan dan pariwisata. Industri perikanan yang bergantung pada terumbu karang menyediakan sumber protein yang signifikan bagi masyarakat pesisir. Ikan karang seperti ikan kerapu, ikan kakap, dan lobster adalah beberapa spesies yang memiliki nilai ekonomis tinggi dan merupakan sumber pendapatan penting bagi nelayan lokal. Selain itu, terumbu karang juga mendukung kegiatan ekonomi lainnya seperti penangkapan ikan hias dan budidaya perikanan.



*Gambar 1. Kerusakan terumbu karang akibat trawl dan bom ikan
(Sumber: dkp2.jatimprov.go.id & www.profauna.net)*

Industri pariwisata juga sangat bergantung pada kesehatan dan keberlanjutan terumbu karang. Banyak wisatawan yang datang untuk menyelam dan *snorkling* di perairan karang, menikmati keindahan dan keanekaragaman hayati yang luar biasa dari ekosistem ini. Kegiatan wisata bahari seperti ini menciptakan lapangan kerja dan peluang ekonomi bagi masyarakat setempat, serta memberikan kontribusi signifikan terhadap pendapatan daerah. Terumbu karang yang sehat dan terjaga dengan baik dapat menjadi daya tarik wisata yang berkelanjutan dan menguntungkan bagi ekonomi lokal. Namun, ekosistem karang saat ini menghadapi berbagai ancaman yang mengancam keberlanjutan jangka panjangnya. Penangkapan ikan yang berlebihan, penggunaan alat tangkap yang merusak, polusi, dan perubahan iklim semuanya berkontribusi pada degradasi terumbu karang. Penangkapan ikan

yang berlebihan dapat mengurangi populasi ikan karang yang penting, sementara penggunaan alat tangkap yang merusak seperti jaring trawl dan bom ikan dapat merusak struktur karang dan mengganggu habitat ikan. Praktik-praktik ini tidak hanya merusak ekosistem karang, tetapi juga mengancam keberlanjutan sumber daya perikanan yang bergantung pada terumbu karang.



*Gambar 2. Pemutihan karang
(Sumber: www.kompas.com)*

Polusi, baik dari sumber darat maupun laut, juga menjadi ancaman serius bagi terumbu karang. Limbah industri, limbah pertanian, dan limbah domestik yang mengandung bahan kimia berbahaya dapat mencemari perairan karang, merusak habitat, dan mengganggu keseimbangan ekosistem. Selain itu, perubahan iklim juga menyebabkan pemutihan karang, peningkatan suhu laut, dan perubahan pola arus laut yang dapat mempengaruhi kesehatan dan produktivitas terumbu karang. Pemutihan karang adalah proses di mana karang kehilangan warna alaminya akibat stres lingkungan, seperti peningkatan suhu air laut (Westmacott et al., 2000). Ketika suhu air meningkat, *zooxanthellae* yang hidup bersimbiosis dengan polip koral tertekan dan keluar dari jaringan karang, meninggalkan karang dengan warna putih yang khas. Tanpa *zooxanthellae*, karang kehilangan sumber utama energinya dan menjadi lebih rentan terhadap penyakit dan kematian. Oleh karena itu, penting untuk

mengelola dan melindungi ekosistem karang agar mereka dapat terus menyediakan manfaat bagi ekosistem laut dan manusia. Upaya konservasi dan pengelolaan yang berkelanjutan sangat penting untuk melindungi keanekaragaman hayati di terumbu karang dan memastikan bahwa mereka tetap produktif dan sehat untuk generasi mendatang. Ini termasuk penerapan praktik penangkapan ikan yang berkelanjutan, pengurangan polusi, dan perlindungan habitat karang. Dengan menjaga keanekaragaman hayati di terumbu karang, kita dapat memastikan bahwa ekosistem ini tetap produktif dan sehat untuk generasi mendatang.

Selain itu, edukasi dan kesadaran masyarakat juga memainkan peran penting dalam konservasi terumbu karang. Masyarakat perlu diberikan pemahaman yang baik tentang pentingnya terumbu karang dan cara-cara untuk melindungi mereka. Kampanye konservasi, program edukasi, dan partisipasi masyarakat dalam upaya konservasi semuanya dapat membantu meningkatkan kesadaran dan mendorong tindakan positif untuk melindungi terumbu karang. Dengan melibatkan masyarakat dalam upaya konservasi, kita dapat menciptakan kesadaran kolektif dan komitmen untuk menjaga dan melestarikan ekosistem karang.

Dalam rangka mengatasi tantangan ini, berbagai inisiatif dan program konservasi telah diluncurkan di seluruh dunia. Misalnya, pembentukan kawasan konservasi laut, restorasi terumbu karang, dan penelitian ilmiah tentang cara-cara untuk meningkatkan ketahanan terumbu karang terhadap perubahan lingkungan. Inisiatif-inisiatif ini bertujuan untuk melindungi dan memulihkan ekosistem karang, serta memastikan bahwa mereka tetap sehat dan produktif di masa depan. Pembentukan kawasan konservasi laut, misalnya, dapat membantu melindungi habitat karang dari tekanan manusia dan memberikan waktu bagi ekosistem untuk pulih.

Sebagai kesimpulan, ekosistem karang adalah sumber daya yang sangat berharga yang menyediakan berbagai manfaat bagi ekosistem laut dan manusia. Terumbu karang adalah habitat penting bagi berbagai spesies laut, mendukung perikanan yang berkelanjutan, dan menyediakan peluang ekonomi melalui industri pariwisata. Namun, mereka juga menghadapi berbagai ancaman yang mengancam keberlanjutan jangka panjangnya. Oleh karena itu, penting untuk mengelola dan melindungi ekosistem karang melalui upaya konservasi dan pengelolaan yang berkelanjutan, serta meningkatkan kesadaran dan partisipasi masyarakat dalam upaya konservasi. Dengan komitmen bersama untuk melindungi terumbu karang, kita dapat memastikan bahwa mereka akan terus menjadi bagian penting dari ekosistem laut dan menyediakan manfaat bagi generasi mendatang.

2.2 Biodiversitas Perairan Karang

Biodiversitas perairan karang adalah salah satu yang paling kaya dan beragam di bumi. Terumbu karang, meskipun hanya mencakup kurang dari 1% dari permukaan dasar laut, menjadi rumah bagi lebih dari 25% dari semua spesies laut (Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 4 Tahun 2001 Tentang: Kriteria Baku Kerusakan Terumbu Karang, 2001). Keanekaragaman hayati ini tidak hanya penting untuk menjaga keseimbangan ekologis, tetapi juga menyediakan sumber daya penting bagi manusia, termasuk makanan, obat-obatan, dan peluang ekonomi melalui perikanan dan pariwisata.

Terumbu karang menyediakan habitat bagi berbagai jenis organisme, termasuk ikan, moluska, krustasea, dan banyak lagi. Ikan-ikan karang seperti ikan kerapu, ikan kakap, dan berbagai jenis ikan hias bergantung pada terumbu karang untuk tempat berlindung, berkembang biak, dan mencari makan. Selain itu,

terumbu karang juga menyediakan habitat bagi berbagai jenis invertebrata seperti udang, kepiting, dan moluska yang juga memainkan peran penting dalam rantai makanan laut.

Ikan karang merupakan salah satu kelompok utama yang sangat bergantung pada ekosistem terumbu karang. Beberapa spesies ikan karang yang terkenal termasuk ikan kerapu, ikan kakap, dan ikan hias seperti ikan badut (*clownfish*) dan ikan betok (*angel fish*). Ikan-ikan ini menggunakan terumbu karang sebagai tempat berlindung dari predator, tempat mencari makanan, dan tempat berkembang biak. Terumbu karang menyediakan struktur kompleks yang memungkinkan ikan-ikan ini menemukan celah dan rongga untuk bersembunyi dan bertelur. Sebagai contoh, ikan badut sering kali hidup bersimbiosis dengan anemon laut yang ditemukan di terumbu karang, di mana anemon memberikan perlindungan sementara ikan badut membantu membersihkan anemon dari sisa makanan dan parasit. Moluska, seperti kerang, siput, dan gurita, juga merupakan penghuni tetap terumbu karang. Kerang-kerangan seperti kima (*giant clam*) dapat ditemukan menempel pada struktur karang dan menyaring plankton dari air. Siput-siputan karang seperti siput turbo (*turbo snails*) dan siput kerucut (*cone snails*) menggunakan terumbu karang sebagai tempat untuk mencari makan dan berlindung. Gurita, meskipun lebih jarang terlihat, juga sering menggunakan terumbu karang sebagai tempat persembunyian dan untuk berburu mangsa.

Krustasea, seperti udang, kepiting, dan lobster, juga sangat bergantung pada terumbu karang. Udang karang (*coral shrimp*) sering ditemukan di celah-celah karang di mana mereka mencari makan dan berlindung. Kepiting karang (*coral crabs*) juga menggunakan terumbu karang sebagai habitat utama mereka, seringkali hidup di antara celah-celah karang dan menggunakan cangkang keras mereka sebagai perlindungan. Lobster karang

(*coral lobsters*) menggunakan terumbu karang sebagai tempat berlindung di siang hari dan keluar untuk berburu makanan di malam hari.

Terumbu karang sendiri terdiri dari berbagai jenis karang yang membentuk struktur kompleks dan menyediakan berbagai jenis habitat bagi organisme laut. Beberapa jenis karang utama yang membentuk terumbu karang termasuk karang keras (*hard corals*) dan karang lunak (*soft corals*). Karang keras, seperti *Acropora* dan *Montipora*, membentuk kerangka kalsium karbonat yang kuat dan seringkali membentuk struktur terumbu yang besar dan kompleks. Karang lunak, seperti *gorgonian* dan karang kipas, tidak memiliki kerangka keras dan sering kali memiliki tekstur yang lebih fleksibel dan berbentuk seperti kipas.

Setiap jenis karang menyediakan habitat unik yang mendukung berbagai spesies laut. Karang keras menyediakan struktur yang kokoh dan kompleks yang menawarkan banyak celah dan rongga bagi ikan dan invertebrata untuk berlindung. Karang lunak, di sisi lain, menyediakan habitat yang lebih fleksibel dan sering kali menjadi tempat bagi organisme seperti bintang laut, bulu babi, dan berbagai jenis alga. Selain itu, karang lunak juga memainkan peran penting dalam menjaga kesehatan ekosistem terumbu karang dengan membantu menyaring air dan menyediakan tempat bagi berbagai spesies laut untuk berkembang biak.

Keanekaragaman hayati yang tinggi di terumbu karang tidak hanya penting untuk menjaga keseimbangan ekosistem laut, tetapi juga memberikan manfaat langsung bagi manusia. Misalnya, banyak spesies ikan yang hidup di terumbu karang merupakan sumber protein penting bagi masyarakat pesisir. Ikan-ikan ini tidak hanya menyediakan makanan, tetapi juga mendukung mata pencaharian melalui kegiatan perikanan. Selain itu, terumbu

karang juga menjadi sumber bahan kimia alami yang digunakan dalam pengembangan obat-obatan. Banyak senyawa yang ditemukan dalam organisme karang memiliki potensi untuk digunakan dalam pengobatan berbagai penyakit, termasuk kanker dan infeksi. Keanekaragaman hayati terumbu karang juga mendukung industri pariwisata yang berkembang pesat. Banyak wisatawan yang datang dari seluruh dunia untuk menyelam dan *snorkling* di perairan karang, menikmati keindahan dan keanekaragaman hayati yang luar biasa dari ekosistem ini. Kegiatan wisata bahari ini tidak hanya menciptakan lapangan kerja dan peluang ekonomi bagi masyarakat setempat, tetapi juga memberikan kontribusi signifikan terhadap pendapatan daerah. Destinasi wisata seperti *Great Barrier Reef* di Australia, Raja Ampat di Indonesia, dan Terumbu Karang Belize di Karibia adalah contoh-contoh tempat di mana pariwisata berbasis terumbu karang menjadi penggerak ekonomi yang penting.

Selain nilai ekonomi, biodiversitas terumbu karang juga memiliki nilai ekologis yang tidak dapat diabaikan. Terumbu karang memainkan peran penting dalam menjaga keseimbangan ekologis di lautan. Mereka menyediakan habitat bagi berbagai spesies laut yang berbeda, yang semuanya berinteraksi dalam jaringan makanan yang kompleks. Terumbu karang juga membantu menjaga kualitas air laut dengan menyaring partikel dan nutrisi dari air, serta berfungsi sebagai penyangga terhadap erosi pantai. Tanpa terumbu karang, ekosistem laut akan kehilangan keanekaragaman hayatinya dan menjadi kurang produktif. Namun, biodiversitas perairan karang saat ini menghadapi berbagai ancaman serius yang mengancam kelangsungan jangka panjangnya. Salah satu ancaman utama adalah perubahan iklim, yang menyebabkan peningkatan suhu laut dan acidifikasi laut. Peningkatan suhu laut dapat menyebabkan pemutihan karang, di mana karang kehilangan *zooxanthellae* yang memberi mereka

warna dan nutrisi. Pemutihan karang dapat mengakibatkan kematian karang dalam skala besar, mengurangi habitat bagi banyak spesies laut dan mengganggu keseimbangan ekosistem.

Acidifikasi laut, yang disebabkan oleh peningkatan konsentrasi karbon dioksida di atmosfer, juga berdampak negatif pada terumbu karang. Acidifikasi mengurangi kemampuan karang untuk membentuk kalsium karbonat, bahan utama yang digunakan untuk membangun kerangka mereka. Ini membuat karang lebih rentan terhadap kerusakan fisik dan mengurangi kemampuan mereka untuk tumbuh dan memperbaiki diri. Selain perubahan iklim, kegiatan manusia seperti penangkapan ikan yang berlebihan, penggunaan alat tangkap yang merusak, dan polusi juga berkontribusi pada penurunan biodiversitas terumbu karang. Penangkapan ikan yang berlebihan dapat mengurangi populasi spesies ikan yang penting, sementara penggunaan alat tangkap yang merusak seperti jaring trawl dan bom ikan dapat merusak struktur karang dan mengganggu habitat ikan. Polusi, baik dari sumber darat maupun laut, dapat mencemari perairan karang, merusak habitat, dan mengganggu keseimbangan ekosistem.

Untuk melindungi biodiversitas terumbu karang, diperlukan upaya konservasi dan pengelolaan yang berkelanjutan. Ini termasuk penerapan praktik penangkapan ikan yang berkelanjutan, pengurangan polusi, dan perlindungan habitat karang. Selain itu, penting untuk meningkatkan kesadaran dan edukasi masyarakat tentang pentingnya terumbu karang dan cara-cara untuk melindungi mereka. Kampanye konservasi, program edukasi, dan partisipasi masyarakat dalam upaya konservasi semuanya dapat membantu meningkatkan kesadaran dan mendorong tindakan positif untuk melindungi terumbu karang. Berbagai inisiatif dan program konservasi telah diluncurkan di seluruh dunia untuk melindungi biodiversitas terumbu karang.

Misalnya, pembentukan kawasan konservasi laut dapat membantu melindungi habitat karang dari tekanan manusia dan memberikan waktu bagi ekosistem untuk pulih. Restorasi terumbu karang juga merupakan langkah penting dalam upaya konservasi, di mana karang yang rusak atau hancur direhabilitasi dan dipulihkan untuk mendukung biodiversitas. Penelitian ilmiah juga penting untuk memahami bagaimana perubahan lingkungan mempengaruhi terumbu karang dan untuk mengembangkan strategi konservasi yang efektif.

Sebagai contoh, program restorasi terumbu karang di Florida Keys telah berhasil mengembalikan kesehatan terumbu karang di wilayah tersebut melalui penanaman kembali karang yang rusak dan pengelolaan polusi air. Di Indonesia, program *Coral Triangle Initiative* (CTI) bekerja sama dengan berbagai negara di kawasan Segitiga Karang untuk melindungi dan mengelola ekosistem karang yang kaya akan biodiversitas. Program ini mencakup tindakan konservasi, pengelolaan perikanan berkelanjutan, dan peningkatan kesejahteraan masyarakat pesisir.

Selain inisiatif lokal dan regional, upaya global juga diperlukan untuk melindungi terumbu karang. Organisasi internasional seperti *United Nations Environment Programme* (UNEP) dan *International Union for Conservation of Nature* (IUCN) telah mengembangkan berbagai program dan kebijakan untuk mendukung konservasi terumbu karang. Salah satu contohnya adalah *Coral Reef Rescue Initiative*, yang bertujuan untuk meningkatkan ketahanan terumbu karang terhadap perubahan iklim dan ancaman lainnya melalui upaya restorasi dan pengelolaan berkelanjutan.

Sebagai kesimpulan, biodiversitas perairan karang adalah komponen penting dari ekosistem laut yang menyediakan berbagai manfaat bagi ekosistem laut dan manusia. Terumbu karang adalah

habitat penting bagi berbagai spesies laut, mendukung perikanan yang berkelanjutan, dan menyediakan peluang ekonomi melalui industri pariwisata. Namun, biodiversitas terumbu karang menghadapi berbagai ancaman yang mengancam kelangsungan jangka panjangnya. Oleh karena itu, penting untuk melindungi dan mengelola biodiversitas terumbu karang melalui upaya konservasi dan pengelolaan yang berkelanjutan, serta meningkatkan kesadaran dan partisipasi masyarakat dalam upaya konservasi. Dengan komitmen bersama untuk melindungi terumbu karang, kita dapat memastikan bahwa mereka akan terus menjadi bagian penting dari ekosistem laut dan menyediakan manfaat bagi generasi mendatang.

2.3 Peran Ekosistem Karang Dalam Ekologi Laut Dan Ekonomi Lokal

Ekosistem karang memainkan peran yang sangat penting dalam menjaga keseimbangan ekologis lautan dan mendukung ekonomi lokal. Terumbu karang tidak hanya menyediakan habitat bagi berbagai spesies laut, tetapi juga berkontribusi secara signifikan terhadap kesejahteraan manusia melalui berbagai cara. Dalam sub-bab ini, kita akan menjelajahi peran ekosistem karang dalam ekologi laut dan dampaknya terhadap ekonomi lokal, serta tantangan dan upaya untuk mempertahankannya.

2.3.1 Peran ekosistem karang dalam ekologi laut

Terumbu karang adalah salah satu ekosistem yang paling produktif di lautan. Meskipun hanya menutupi kurang dari 1% dari dasar laut, keanekaragaman hayati yang tinggi di terumbu karang menciptakan jaringan makanan yang kompleks dan mendukung interaksi ekologis yang rumit. Sebagai habitat dan tempat berlindung, terumbu karang menyediakan tempat berlindung dan

habitat bagi banyak spesies ikan dan invertebrata. Struktur karang yang kompleks menawarkan banyak celah dan rongga yang digunakan oleh berbagai organisme untuk berlindung dari predator dan kondisi lingkungan yang ekstrem. Misalnya, ikan badut sering hidup di antara tentakel anemon laut, yang menyediakan perlindungan dari predator. Selain itu, ikan-ikan seperti ikan kerapu dan kakap bergantung pada struktur terumbu untuk berlindung dan membesarkan anak-anak mereka. Selain menjadi habitat, terumbu karang juga berfungsi sebagai sumber makanan bagi berbagai spesies. Banyak ikan dan invertebrata mencari makan di terumbu karang, baik dengan memakan plankton yang terperangkap di antara karang atau dengan memangsa organisme lain yang hidup di terumbu. Misalnya, ikan herbivora seperti ikan parrotfish memakan alga yang tumbuh di karang, membantu menjaga kebersihan karang dan mencegah alga tumbuh terlalu cepat dan merusak ekosistem.



*Gambar 3. Terumbu karang sebagai tempat berlindung organisme dari predator
(Sumber: www.kompas.com)*

Terumbu karang juga penting sebagai tempat pemijahan dan perkembangbiakan. Banyak spesies ikan dan invertebrata menggunakan terumbu karang sebagai tempat pemijahan dan perkembangan awal. Lingkungan yang aman dan terlindung dari terumbu karang memungkinkan telur dan larva ikan berkembang

dengan baik sebelum mereka bermigrasi ke habitat yang lebih luas di laut terbuka (Burhanuddin, 2024). Misalnya, ikan karang muda sering tinggal di terumbu karang sampai mereka cukup besar untuk bertahan di perairan terbuka. Siklus nutrisi juga sangat dipengaruhi oleh terumbu karang. Terumbu karang memainkan peran penting dalam siklus nutrisi di lautan. Mereka membantu mendaur ulang nutrisi dengan menyaring air laut dan menyerap partikel organik. Karang juga berfungsi sebagai penangkap sedimen, yang membantu menjaga kejernihan air dan mendukung kehidupan laut yang bergantung pada kondisi air yang bersih. Terumbu karang juga membantu mengurangi tingkat karbon dioksida di lautan melalui proses fotosintesis oleh *zooxanthellae*.

2.3.2 Peran Ekosistem Karang dalam Ekonomi Lokal

Selain peran ekologisnya, terumbu karang juga memiliki nilai ekonomi yang signifikan bagi masyarakat pesisir dan ekonomi lokal. Mereka menyediakan berbagai sumber daya yang berharga dan mendukung berbagai industri yang penting. Salah satu peran ekonomi utama terumbu karang adalah dalam perikanan. Terumbu karang adalah sumber penting bagi perikanan komersial dan subsisten. Ikan karang seperti ikan kerapu, ikan kakap, dan lobster memiliki nilai ekonomi tinggi dan merupakan sumber pendapatan utama bagi banyak nelayan lokal. Perikanan karang tidak hanya menyediakan makanan bagi masyarakat pesisir tetapi juga mendukung industri perikanan yang lebih luas (Nursita, 2020). Selain itu, perikanan yang berkelanjutan di terumbu karang membantu menjaga stok ikan yang sehat dan memastikan ketersediaan sumber daya laut untuk generasi mendatang.

Selain perikanan, pariwisata juga merupakan sektor ekonomi yang sangat bergantung pada kesehatan terumbu karang. Terumbu karang adalah daya tarik utama bagi pariwisata bahari. Wisatawan

dari seluruh dunia datang untuk menyelam dan *snorkling* di terumbu karang, menikmati keindahan dan keanekaragaman hayati yang luar biasa dari ekosistem ini. Destinasi wisata seperti *Great Barrier Reef* di Australia dan Raja Ampat di Indonesia adalah contoh tempat di mana pariwisata berbasis terumbu karang menjadi penggerak ekonomi yang penting. Pariwisata karang menciptakan lapangan kerja, peluang ekonomi, dan kontribusi signifikan terhadap pendapatan daerah. Selain itu, pariwisata yang bertanggung jawab dapat membantu mendukung upaya konservasi dengan memberikan dana dan meningkatkan kesadaran akan pentingnya melindungi terumbu karang. Terumbu karang juga mendukung penghasilan alternatif bagi masyarakat pesisir. Misalnya, pengumpulan dan perdagangan ikan hias, budidaya kerang mutiara, dan pengumpulan alga adalah kegiatan ekonomi yang bergantung pada kesehatan terumbu karang (Subagiyo et al., 2017). Kegiatan-kegiatan ini memberikan sumber pendapatan tambahan dan meningkatkan kesejahteraan masyarakat lokal. Misalnya, kerang mutiara yang dibudidayakan di terumbu karang memiliki nilai ekonomi yang tinggi dan merupakan komoditas ekspor penting bagi beberapa negara.

Selain itu, terumbu karang berfungsi sebagai pelindung alami bagi garis pantai dari erosi dan kerusakan akibat gelombang besar dan badai (Santoso, 2008). Struktur karang yang kuat dan padat membantu menyerap energi gelombang, mengurangi dampak gelombang besar terhadap pantai. Dengan melindungi garis pantai, terumbu karang membantu menjaga tanah yang berharga dan melindungi infrastruktur pesisir. Hal ini sangat penting bagi pulau-pulau kecil dan komunitas pesisir yang rentan terhadap dampak perubahan iklim dan bencana alam.

2.3.3 Dampak Terumbu Karang terhadap Kesejahteraan Manusia

Terumbu karang memiliki dampak langsung dan tidak langsung terhadap kesejahteraan manusia. Mereka menyediakan sumber daya penting yang mendukung kehidupan dan mata pencaharian masyarakat pesisir. Selain itu, terumbu karang juga berkontribusi pada kesehatan manusia melalui penyediaan bahan kimia alami yang digunakan dalam pengembangan obat-obatan (Nabil, 2019). Banyak senyawa yang ditemukan dalam organisme karang memiliki potensi untuk digunakan dalam pengobatan berbagai penyakit, termasuk kanker, infeksi, dan penyakit kronis lainnya. Misalnya, senyawa bioaktif yang ditemukan dalam spons laut dan alga karang telah menunjukkan aktivitas antikanker dan antibakteri dalam penelitian laboratorium.



*Gambar 4. Tradisi lilifuk di Nusa Tenggara Timur
(Sumber: www.econusa.id)*

Terumbu karang juga memiliki nilai budaya dan spiritual bagi banyak masyarakat pesisir. Salah satu contohnya adalah Tradisi Lilifuk yang dilakukan oleh masyarakat suku Baineo di Nusa Tenggara Timur. Mereka sering dianggap sebagai tempat yang

sakral dan dihormati dalam berbagai tradisi dan kepercayaan lokal. Terumbu karang memainkan peran penting dalam kehidupan sosial dan budaya masyarakat pesisir, menyediakan sumber inspirasi dan kebanggaan bagi komunitas. Misalnya, di beberapa masyarakat Pasifik, terumbu karang dihormati dan dijaga sebagai bagian dari warisan budaya dan spiritual yang penting.

2.3.4 Tantangan dalam Mempertahankan Peran Ekosistem Karang

Meskipun terumbu karang memiliki peran yang sangat penting dalam ekologi laut dan ekonomi lokal, mereka saat ini menghadapi berbagai tantangan yang mengancam keberlanjutan jangka panjangnya. Ancaman utama termasuk perubahan iklim, penangkapan ikan yang berlebihan, polusi, dan kerusakan habitat. Untuk mempertahankan peran penting terumbu karang, diperlukan upaya konservasi yang efektif dan pengelolaan yang berkelanjutan. Perubahan iklim adalah salah satu ancaman terbesar bagi terumbu karang. Peningkatan suhu laut dan acidifikasi laut yang disebabkan oleh perubahan iklim berdampak negatif pada kesehatan terumbu karang. Pemutihan karang dan penurunan kemampuan karang untuk membentuk kerangka kalsium karbonat adalah beberapa dampak utama dari perubahan iklim. Pemutihan karang terjadi ketika suhu air laut yang lebih tinggi menyebabkan *zooxanthellae* yang hidup dalam jaringan karang keluar, meninggalkan karang dengan warna putih dan rentan terhadap kematian (Thamrin, 2017).

Penangkapan ikan yang berlebihan juga menjadi ancaman serius bagi terumbu karang. Penangkapan ikan yang tidak berkelanjutan dapat mengurangi populasi spesies ikan yang penting dan merusak keseimbangan ekosistem terumbu karang. Penggunaan alat tangkap yang merusak seperti jaring trawl dan

bom ikan juga dapat merusak struktur karang dan mengganggu habitat ikan. Praktik-praktik ini tidak hanya merusak ekosistem karang, tetapi juga mengancam keberlanjutan sumber daya perikanan yang bergantung pada terumbu karang.

Polusi dari sumber darat dan laut, termasuk limbah industri, pertanian, dan domestik, juga menjadi ancaman serius bagi terumbu karang. Bahan kimia berbahaya dalam polusi dapat mencemari perairan karang, merusak habitat, dan mengganggu keseimbangan ekosistem. Misalnya, limpasan dari lahan pertanian yang mengandung pestisida dan pupuk dapat menyebabkan eutrofikasi, yang mengurangi kadar oksigen di air dan membahayakan kehidupan laut. Limbah plastik juga menjadi masalah besar, karena dapat menyebabkan kerusakan fisik pada karang dan tertelan oleh organisme laut.

Kerusakan habitat akibat pembangunan pesisir dan kegiatan manusia lainnya juga merupakan ancaman bagi terumbu karang. Pembangunan pesisir, seperti konstruksi pelabuhan dan pengembangan kawasan wisata, dapat merusak terumbu karang dan mengurangi keanekaragaman hayati. Selain itu, kegiatan seperti penambangan pasir dan pengerukan laut juga dapat merusak habitat karang dan mengganggu ekosistem.

Contoh kasus yang terjadi di Indonesia menunjukkan bagaimana kerusakan karang mempengaruhi kesejahteraan masyarakat. Di Pulau Seribu, yang terletak di dekat Jakarta, terumbu karang telah mengalami kerusakan parah akibat polusi, penangkapan ikan yang berlebihan, dan pembangunan pesisir yang tidak terkendali. Kerusakan ini telah berdampak negatif pada kehidupan masyarakat setempat yang bergantung pada perikanan dan pariwisata (Fauzan & Burhanuddin, 2023). Penurunan populasi ikan karang telah mengurangi hasil tangkapan nelayan, mengurangi pendapatan mereka dan menyebabkan penurunan

kesejahteraan ekonomi. Selain itu, penurunan kualitas terumbu karang juga telah mengurangi daya tarik wisata, mengurangi jumlah wisatawan yang berkunjung dan mengurangi pendapatan dari sektor pariwisata. Namun, ada juga contoh keberhasilan upaya konservasi terumbu karang yang telah meningkatkan kesejahteraan masyarakat. Misalnya, di Raja Ampat, Indonesia, upaya konservasi yang komprehensif telah berhasil melindungi dan memulihkan terumbu karang, sambil meningkatkan kesejahteraan masyarakat setempat. Program konservasi di Raja Ampat melibatkan pembentukan kawasan konservasi laut, penerapan praktik penangkapan ikan yang berkelanjutan, dan promosi pariwisata berkelanjutan. Kawasan konservasi laut telah melindungi habitat karang dari tekanan manusia dan memungkinkan ekosistem untuk pulih. Selain itu, pendidikan dan pelatihan bagi nelayan tentang praktik penangkapan ikan yang berkelanjutan telah membantu menjaga populasi ikan yang sehat.

Pariwisata berkelanjutan di Raja Ampat juga telah memberikan dampak positif bagi masyarakat lokal (Iriani, 2019). Wisatawan yang datang untuk menyelam dan *snorkling* di terumbu karang yang sehat telah menciptakan peluang ekonomi dan lapangan kerja bagi penduduk setempat. Pengembangan ekowisata yang bertanggung jawab telah membantu meningkatkan pendapatan masyarakat sambil menjaga kelestarian lingkungan. Misalnya, banyak operator wisata di Raja Ampat yang bekerja sama dengan masyarakat lokal untuk menyediakan layanan wisata, menciptakan sumber pendapatan yang stabil dan berkelanjutan. Keberhasilan upaya konservasi di Raja Ampat menunjukkan bahwa melindungi terumbu karang tidak hanya penting untuk ekosistem laut, tetapi juga untuk kesejahteraan manusia.

2.3.5 Upaya Konservasi dan Pengelolaan Berkelanjutan

Untuk mempertahankan peran penting terumbu karang, diperlukan upaya konservasi yang efektif dan pengelolaan yang berkelanjutan. Ini termasuk pembentukan kawasan konservasi laut, penerapan praktik penangkapan ikan yang berkelanjutan, pengurangan polusi, dan restorasi terumbu karang yang rusak. Selain itu, penting untuk meningkatkan kesadaran dan edukasi masyarakat tentang pentingnya terumbu karang dan cara-cara untuk melindungi mereka. Inisiatif konservasi global seperti *Coral Triangle Initiative* (CTI) dan *Coral Reef Rescue Initiative* memainkan peran penting dalam melindungi terumbu karang dan mempromosikan pengelolaan yang berkelanjutan (Williams et al., 2014). Program-program ini bekerja sama dengan pemerintah, organisasi non-pemerintah, dan masyarakat lokal untuk mengembangkan strategi konservasi yang efektif dan memastikan keberlanjutan ekosistem terumbu karang.

Pembentukan kawasan konservasi laut adalah salah satu langkah penting dalam upaya konservasi terumbu karang. Kawasan konservasi laut melindungi habitat karang dari tekanan manusia dan memberikan waktu bagi ekosistem untuk pulih. Kawasan konservasi juga membantu menjaga keanekaragaman hayati dan mendukung penelitian ilmiah tentang ekosistem karang. Misalnya, Taman Nasional Laut Wakatobi di Indonesia adalah salah satu kawasan konservasi laut yang berhasil melindungi terumbu karang dan mendukung kesejahteraan masyarakat lokal melalui pariwisata berkelanjutan.

Restorasi terumbu karang juga merupakan langkah penting dalam upaya konservasi. Restorasi melibatkan rehabilitasi karang yang rusak atau hancur untuk mendukung biodiversitas dan memulihkan fungsi ekosistem. Misalnya, program restorasi terumbu karang di Florida Keys telah berhasil mengembalikan

kesehatan terumbu karang di wilayah tersebut melalui penanaman kembali karang yang rusak dan pengelolaan polusi air. Teknik restorasi seperti transplantasi karang dan pengembangan *nursery* karang telah menunjukkan hasil yang positif dalam meningkatkan ketahanan dan keanekaragaman terumbu karang.

Penelitian ilmiah juga penting untuk memahami bagaimana perubahan lingkungan mempengaruhi terumbu karang dan untuk mengembangkan strategi konservasi yang efektif. Penelitian tentang genetika karang, adaptasi karang terhadap perubahan iklim, dan dampak polusi pada ekosistem karang membantu menginformasikan kebijakan dan praktik pengelolaan. Misalnya, penelitian tentang resistensi karang terhadap pemutihan dapat membantu dalam seleksi dan penanaman kembali karang yang lebih tahan terhadap perubahan iklim.

Selain upaya konservasi, penting untuk meningkatkan kesadaran dan edukasi masyarakat tentang pentingnya terumbu karang dan cara-cara untuk melindungi mereka. Kampanye konservasi, program edukasi, dan partisipasi masyarakat dalam upaya konservasi semuanya dapat membantu meningkatkan kesadaran dan mendorong tindakan positif untuk melindungi terumbu karang. Misalnya, program edukasi di sekolah-sekolah dan komunitas pesisir dapat mengajarkan pentingnya terumbu karang dan bagaimana cara menjaga mereka, sementara kampanye media sosial dan dokumenter dapat meningkatkan kesadaran global tentang ancaman yang dihadapi terumbu karang.

Sebagai kesimpulan, terumbu karang memiliki peran yang sangat penting dalam ekologi laut dan ekonomi lokal. Mereka menyediakan habitat yang kompleks dan beragam bagi berbagai spesies laut, mendukung perikanan yang berkelanjutan, dan menyediakan peluang ekonomi melalui industri pariwisata. Namun, terumbu karang saat ini menghadapi berbagai ancaman

yang mengancam keberlanjutan jangka panjangnya. Oleh karena itu, penting untuk melindungi dan mengelola terumbu karang melalui upaya konservasi dan pengelolaan yang berkelanjutan, serta meningkatkan kesadaran dan partisipasi masyarakat dalam upaya konservasi. Dengan komitmen bersama untuk melindungi terumbu karang, kita dapat memastikan bahwa mereka akan terus menjadi bagian penting dari ekosistem laut dan menyediakan manfaat bagi generasi mendatang.

BAB 3

TANTANGAN DALAM PENANGANAN PASCA PANEN PERIKANAN KARANG

3.1 Kualitas Hasil Tangkapan

Kualitas hasil tangkapan merupakan aspek krusial dalam penanganan pasca panen perikanan karang. Tidak hanya mempengaruhi nilai ekonomi dari hasil tangkapan, kualitas ini juga berdampak langsung pada kepuasan konsumen dan keberlanjutan industri perikanan. Dalam sub-bab ini, kita akan mengeksplorasi faktor-faktor yang mempengaruhi kualitas hasil tangkapan, tantangan yang dihadapi oleh nelayan dan pengelola perikanan, serta upaya yang dapat dilakukan untuk meningkatkan kualitas tersebut.

3.1.1 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Kualitas Hasil Tangkapan

Kualitas hasil tangkapan dari perikanan karang sangat dipengaruhi oleh berbagai faktor, mulai dari kondisi lingkungan tempat ikan ditangkap, metode penangkapan, hingga penanganan yang dilakukan segera setelah penangkapan. Setiap faktor ini memainkan peran penting dalam menentukan kualitas akhir dari produk laut yang dihasilkan.

Lingkungan perairan karang memainkan peran kunci dalam menentukan kesehatan dan kualitas ikan. Suhu air laut, misalnya, memiliki dampak langsung pada kondisi fisik ikan (Hamuna et al.,

2018). Ikan yang hidup di suhu optimal cenderung lebih sehat dan memiliki daging yang berkualitas baik. Sebaliknya, suhu air yang terlalu tinggi atau rendah dapat menyebabkan stres pada ikan, yang pada gilirannya dapat menurunkan kualitas daging dan meningkatkan risiko kematian setelah penangkapan. Selain suhu, kualitas air yang mencakup kadar oksigen, salinitas, dan tingkat polusi juga sangat mempengaruhi kondisi fisik ikan. Perairan yang tercemar oleh limbah industri atau domestik dapat mengandung bahan kimia berbahaya yang mengendap dalam jaringan ikan, menurunkan kualitas dan keamanan konsumsi.

Metode penangkapan yang digunakan oleh nelayan juga sangat mempengaruhi kualitas hasil tangkapan. Jenis alat tangkap yang digunakan, seperti jaring, perangkap, atau pancing, dapat menyebabkan kerusakan fisik pada ikan jika tidak digunakan dengan hati-hati. Alat tangkap yang merusak, seperti jaring trawl atau penggunaan bahan peledak (Chaliluddin et al., 2019), tidak hanya merusak ekosistem karang tetapi juga menghasilkan ikan yang kualitasnya sangat buruk. Selain itu, waktu penangkapan juga mempengaruhi kualitas ikan. Penangkapan pada saat suhu air tinggi atau rendah dapat mempengaruhi kondisi ikan. Penangkapan pada waktu migrasi atau pemijahan juga dapat menurunkan kualitas karena ikan mungkin dalam kondisi stres atau lelah.

Penanganan segera setelah penangkapan merupakan tahap kritis dalam menjaga kualitas ikan. Kecepatan dalam menangani ikan setelah penangkapan sangat penting. Ikan yang segera didinginkan atau diproses cenderung mempertahankan kualitasnya lebih baik dibandingkan ikan yang dibiarkan terlalu lama pada suhu lingkungan. Penanganan yang cepat juga mengurangi risiko kontaminasi bakteri yang dapat merusak kualitas daging ikan. Teknik penanganan yang tepat, seperti penggunaan es, pendinginan cepat, dan pembersihan segera,

sangat menentukan kualitas akhir hasil tangkapan. Teknik yang kurang baik dapat menyebabkan kerusakan fisik atau kontaminasi bakteri, yang dapat mengakibatkan penurunan kualitas dan nilai jual ikan (Rahayu & Wibisono, 2016).

3.1.2 Tantangan dalam Mempertahankan Kualitas Hasil Tangkapan

Meskipun memahami faktor-faktor yang mempengaruhi kualitas hasil tangkapan penting, terdapat berbagai tantangan yang dihadapi oleh nelayan dan pengelola perikanan dalam mempertahankan kualitas ini. Salah satu tantangan utama adalah keterbatasan fasilitas pendinginan. Banyak daerah perikanan karang yang kurang memiliki fasilitas pendinginan yang memadai, seperti es dan unit pendingin. Hal ini menyebabkan ikan cepat membusuk sebelum sampai ke pasar, yang tidak hanya menurunkan kualitas tetapi juga mengurangi nilai ekonomisnya. Biaya energi yang tinggi untuk menjalankan unit pendingin sering menjadi penghalang, terutama bagi nelayan kecil yang memiliki sumber daya terbatas.



Gambar 5. Contoh penanganan ikan di atas kapal yang kurang higienis

(Sumber: Sari & Nawafil, 2023)

Kurangnya pengetahuan dan pelatihan juga menjadi tantangan signifikan. Banyak nelayan yang kurang mendapatkan pelatihan tentang teknik penanganan pasca panen yang baik. Pengetahuan tentang pentingnya kecepatan dan teknik penanganan yang tepat masih kurang disebarluaskan. Praktik penanganan tradisional yang masih digunakan oleh banyak komunitas nelayan tidak selalu optimal untuk menjaga kualitas ikan. Oleh karena itu, edukasi dan pelatihan mengenai teknik penanganan yang baik sangat diperlukan untuk memastikan bahwa nelayan dapat mempertahankan kualitas hasil tangkapan mereka.

Tantangan logistik juga memainkan peran besar dalam mempertahankan kualitas hasil tangkapan. Transportasi dari lokasi penangkapan ke pasar sering memakan waktu lama dan tidak selalu dilengkapi dengan fasilitas pendinginan yang memadai. Daerah-daerah terpencil sering kali memiliki akses yang terbatas ke pasar yang besar, sehingga ikan harus melalui beberapa tangan sebelum mencapai konsumen akhir, yang dapat mempengaruhi kualitas. Selain itu, kurangnya akses transportasi yang efisien sering menyebabkan ikan mengalami penurunan kualitas selama perjalanan ke pasar.

3.1.3 Upaya Peningkatan Kualitas Hasil Tangkapan

Untuk mengatasi tantangan dalam mempertahankan kualitas hasil tangkapan, berbagai upaya dapat dilakukan. Upaya-upaya ini melibatkan peningkatan teknologi, pelatihan, dan penyediaan fasilitas yang memadai. Salah satu langkah penting adalah investasi dalam infrastruktur dan teknologi penanganan pasca panen. Penyediaan dan peningkatan fasilitas pendingin seperti es dan unit

pendingin di pelabuhan dan kapal nelayan sangat penting. Ini dapat mencakup pembangunan *cold storage* di titik-titik strategis. Selain itu, penerapan teknologi penanganan modern seperti pendinginan cepat dan pembekuan instan dapat membantu mempertahankan kualitas ikan lebih lama. Teknologi seperti *vacuum packing* juga dapat digunakan untuk menjaga kesegaran ikan.



Gambar 6. Penempatan hasil tangkapan pada *cold storage*
(Sumber: www.wartatani.co)

Edukasi dan pelatihan juga merupakan langkah penting dalam meningkatkan kualitas hasil tangkapan. Program pelatihan yang komprehensif untuk nelayan mengenai teknik penanganan pasca panen yang baik sangat penting. Pelatihan ini dapat mencakup cara menggunakan alat pendingin, teknik pembersihan, dan pentingnya kecepatan penanganan. Selain itu, kampanye untuk meningkatkan kesadaran akan pentingnya kualitas hasil tangkapan dapat membantu nelayan memahami dampak ekonomis dari penanganan yang baik dan buruk. Dengan pemahaman yang lebih baik, nelayan akan lebih termotivasi untuk menerapkan praktik-praktik penanganan yang optimal.

Dukungan logistik juga perlu ditingkatkan untuk memastikan bahwa hasil tangkapan dapat sampai ke pasar dengan kualitas yang baik. Peningkatan akses transportasi dari lokasi penangkapan ke

pasar melalui pembangunan infrastruktur transportasi yang lebih baik dan menyediakan kendaraan berpendingin sangat penting. Selain itu, membangun kemitraan antara nelayan, pemerintah, dan sektor swasta dapat membantu memastikan rantai pasokan yang efisien dan mendukung kualitas hasil tangkapan. Kemitraan ini juga dapat mencakup penyediaan fasilitas dan teknologi yang diperlukan untuk menjaga kualitas ikan selama transportasi dan penyimpanan.



*Gambar 7. Infrastruktur transportasi produk perikanan yang memadai
(Sumber: www.regional.kontan.co.id)*

Penguatan regulasi dan standar juga diperlukan untuk memastikan bahwa hasil tangkapan ikan karang memenuhi kualitas dan keamanan yang diharapkan. Mengimplementasikan dan menegakkan standar kualitas yang ketat untuk penanganan pasca panen hasil tangkapan ikan karang sangat penting. Ini termasuk pengawasan dan inspeksi reguler di pelabuhan dan pasar. Selain itu, mendorong sertifikasi dan pelabelan produk ikan karang yang menunjukkan kualitas dan kesegaran, serta keberlanjutan praktik penangkapan, dapat membantu meningkatkan kepercayaan konsumen dan nilai jual produk.

Sebagai kesimpulan, mempertahankan kualitas hasil tangkapan dari perikanan karang memerlukan upaya yang komprehensif dan terintegrasi. Melalui peningkatan infrastruktur, teknologi, edukasi, pelatihan, dukungan logistik, dan regulasi yang kuat, kualitas hasil tangkapan dapat dipertahankan dan ditingkatkan. Hal ini tidak hanya akan meningkatkan nilai ekonomis hasil tangkapan, tetapi juga memastikan keberlanjutan industri perikanan karang untuk masa depan. Dengan upaya bersama dari berbagai pihak, kita dapat mencapai kualitas hasil tangkapan yang lebih baik dan mendukung kesejahteraan masyarakat pesisir yang bergantung pada perikanan karang.

3.2 Infrastruktur dan Teknologi Penanganan Pasca Panen

Infrastruktur dan teknologi penanganan pasca panen memainkan peran yang sangat penting dalam memastikan kualitas dan keamanan hasil tangkapan dari perikanan karang. Infrastruktur yang memadai dan penerapan teknologi modern dapat membantu mengurangi kerusakan ikan, mempertahankan kesegaran, dan meningkatkan nilai ekonomi produk. Sub-bab ini akan membahas berbagai aspek infrastruktur dan teknologi yang digunakan dalam penanganan pasca panen, tantangan yang dihadapi, serta upaya untuk meningkatkan efisiensi dan efektivitas sistem ini.

3.2.1 Infrastruktur Penanganan Pasca Panen

Infrastruktur yang memadai sangat penting untuk memastikan bahwa hasil tangkapan dapat diproses, disimpan, dan didistribusikan dengan cara yang mempertahankan kualitas dan kesegaran ikan. Salah satu komponen kunci dari infrastruktur penanganan pasca panen adalah fasilitas pendinginan (D. W. Sari et

al., 2023). Pendinginan adalah metode utama untuk memperlambat pertumbuhan bakteri dan memperpanjang umur simpan ikan.

Fasilitas pendingin seperti *cold storage*, unit pendingin di kapal nelayan, dan es adalah komponen penting dari infrastruktur ini. *Cold storage* di pelabuhan atau pusat pengolahan ikan memungkinkan hasil tangkapan disimpan dalam kondisi optimal sebelum diproses atau didistribusikan ke pasar. Unit pendingin di kapal nelayan membantu menjaga kesegaran ikan sejak saat penangkapan hingga tiba di darat. Penggunaan es untuk pendinginan ikan adalah metode yang umum digunakan di banyak daerah, karena es dapat dengan cepat menurunkan suhu ikan dan mencegah kerusakan. Namun, keterbatasan fasilitas pendinginan sering menjadi tantangan besar, terutama di daerah-daerah terpencil. Banyak komunitas nelayan yang tidak memiliki akses ke *cold storage* atau unit pendingin yang memadai, yang menyebabkan ikan cepat membusuk dan menurunkan nilai ekonomisnya. Selain itu, biaya tinggi untuk menjalankan dan memelihara fasilitas pendinginan sering menjadi penghalang bagi nelayan kecil.



Gambar 8. Kondisi hasil tangkapan nelayan skala kecil pada perikanan karang
(Sumber: www.youtube.com)

Sebagai contoh, di banyak wilayah pesisir Indonesia, nelayan sering kali menghadapi tantangan besar dalam hal penyimpanan

ikan. Kapal-kapal kecil yang digunakan untuk menangkap ikan biasanya tidak dilengkapi dengan unit pendingin. Hal ini berarti bahwa ikan yang ditangkap harus segera dijual atau diolah sesegera mungkin, yang sering kali tidak memungkinkan karena jarak yang jauh ke pasar atau pusat pengolahan. Akibatnya, kualitas ikan menurun dengan cepat, menyebabkan kerugian ekonomi yang signifikan bagi nelayan.

Selain fasilitas pendinginan, infrastruktur transportasi juga sangat penting. Transportasi yang efisien dari lokasi penangkapan ke pasar dapat membantu mempertahankan kualitas ikan. Kendaraan berpendingin, kapal pengangkut, dan akses jalan yang baik adalah beberapa elemen infrastruktur transportasi yang diperlukan. Transportasi yang tidak memadai dapat menyebabkan penundaan dalam pengiriman ikan ke pasar, yang dapat mengakibatkan penurunan kualitas dan kerugian ekonomi.

Di beberapa wilayah, kurangnya infrastruktur transportasi yang memadai menyebabkan ikan harus melalui beberapa tahap distribusi sebelum mencapai konsumen akhir. Setiap tahap distribusi ini menambah waktu dan risiko penurunan kualitas ikan. Selain itu, akses jalan yang buruk dan keterbatasan transportasi berpendingin memperburuk masalah ini, mengakibatkan ikan yang diterima konsumen akhir sering kali sudah dalam kondisi yang tidak optimal.

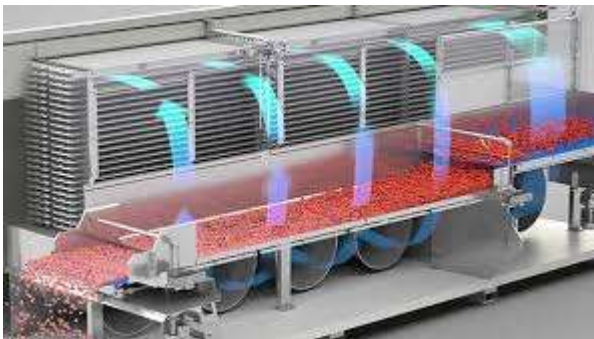
3.2.2 Teknologi Penanganan Pasca Panen

Penerapan teknologi modern dalam penanganan pasca panen dapat membantu meningkatkan efisiensi dan efektivitas proses, serta memastikan bahwa kualitas ikan tetap terjaga. Salah satu teknologi utama yang digunakan adalah sistem pendinginan cepat. Pendinginan cepat atau *blast freezing* adalah metode di mana ikan didinginkan dengan cepat hingga suhu beku segera setelah

penangkapan (Astawan, 2019). Metode ini sangat efektif dalam mempertahankan kualitas ikan karena mencegah pertumbuhan bakteri dan menjaga tekstur daging ikan.

Blast freezing memungkinkan ikan mencapai suhu beku dalam waktu yang sangat singkat, biasanya beberapa jam, dibandingkan dengan metode pendinginan konvensional yang memerlukan waktu lebih lama. Hal ini membantu mempertahankan sel-sel daging ikan dari kerusakan akibat pembentukan kristal es yang besar, yang dapat merusak tekstur dan rasa ikan. Dengan menjaga integritas seluler, ikan yang dibekukan dengan metode *blast freezing* tetap segar dan berkualitas tinggi saat dicairkan.

Selain pendinginan cepat, teknologi pembekuan instan (IQF - *Individual Quick Freezing*) juga semakin populer. IQF memungkinkan setiap ikan atau potongan ikan dibekukan secara terpisah, yang membantu mempertahankan bentuk, rasa, dan kualitas keseluruhan. Teknologi ini sangat berguna untuk produk ikan yang diekspor atau disimpan untuk jangka waktu yang lama. Dengan IQF, ikan dapat dibekukan dengan cepat dan efisien, mengurangi risiko kerusakan dan kontaminasi (Jessen et al., 2014).



Gambar 9. Ilustrasi proses individual quick freezing
(Sumber: www.koldkraft.com)

Penggunaan teknologi *vacuum packing* juga penting dalam penanganan pasca panen. *Vacuum packing* melibatkan pengemasan ikan dalam kantong plastik kedap udara, yang membantu mencegah oksidasi dan pertumbuhan bakteri. Metode ini tidak hanya memperpanjang umur simpan ikan, tetapi juga menjaga kualitas dan kesegaran produk. *Vacuum packing* sering digunakan untuk produk ikan premium yang dijual di pasar ekspor atau supermarket dengan standar kualitas tinggi.



*Gambar 10. Contoh penerapan teknik vacuum packing pada produk perikanan
(Sumber: www.amactechnologies.com/)*

Namun, adopsi teknologi modern ini sering menghadapi berbagai tantangan. Biaya tinggi untuk pembelian dan pemeliharaan peralatan sering menjadi hambatan utama bagi nelayan kecil. Selain itu, kurangnya pengetahuan dan keterampilan dalam menggunakan teknologi ini juga dapat menjadi penghalang. Oleh karena itu, pelatihan dan edukasi tentang teknologi penanganan pasca panen sangat penting untuk memastikan bahwa nelayan dan pekerja pasca panen dapat memanfaatkan teknologi ini secara efektif.

Sebagai contoh, banyak nelayan di daerah terpencil yang masih menggunakan metode tradisional untuk menyimpan dan mengolah ikan. Kurangnya akses ke teknologi modern dan

pelatihan tentang cara penggunaannya menyebabkan hasil tangkapan sering kali tidak dapat dipertahankan kualitasnya dengan baik. Oleh karena itu, program pelatihan yang komprehensif dan akses yang lebih baik ke teknologi sangat diperlukan untuk meningkatkan efisiensi dan kualitas penanganan pasca panen di wilayah ini.

3.2.3 Tantangan dan Upaya Peningkatan Infrastruktur dan Teknologi

Meskipun pentingnya infrastruktur dan teknologi dalam penanganan pasca panen sudah diakui, ada berbagai tantangan yang masih harus diatasi. Salah satu tantangan utama adalah kurangnya investasi dalam infrastruktur dan teknologi di banyak daerah perikanan karang. Banyak komunitas nelayan yang tidak memiliki akses ke fasilitas dan teknologi yang diperlukan untuk menjaga kualitas hasil tangkapan mereka. Untuk mengatasi tantangan ini, diperlukan investasi yang signifikan dalam pembangunan infrastruktur dan penyediaan teknologi. Pemerintah dan sektor swasta perlu bekerja sama untuk membangun *cold storage*, unit pendingin, dan fasilitas pengolahan ikan di daerah-daerah strategis. Selain itu, penyediaan kendaraan berpendingin dan peningkatan akses jalan ke pasar juga sangat penting untuk memastikan bahwa ikan dapat didistribusikan dengan cepat dan efisien.



*Gambar 11. Ilustrasi penempatan produk perikanan pada cold storage
(Sumber: www.bjt.co.id)*

Selain investasi dalam infrastruktur fisik, dukungan finansial dan teknis juga diperlukan untuk membantu nelayan mengadopsi teknologi modern. Pemerintah dapat menyediakan hibah atau pinjaman dengan bunga rendah untuk pembelian peralatan pendinginan dan pengemasan. Sektor swasta juga dapat berperan dengan menyediakan solusi teknologi yang terjangkau dan mudah digunakan bagi nelayan kecil. Edukasi dan pelatihan juga merupakan langkah penting dalam meningkatkan penggunaan teknologi penanganan pasca panen. Program pelatihan yang komprehensif untuk nelayan dan pekerja pasca panen tentang penggunaan teknologi pendinginan, *vacuum packing*, dan pembekuan instan sangat diperlukan. Pelatihan ini tidak hanya membantu nelayan memahami cara menggunakan peralatan, tetapi juga meningkatkan kesadaran akan pentingnya menjaga kualitas ikan.

Program pelatihan dapat dilakukan melalui kerja sama antara pemerintah, lembaga pendidikan, dan organisasi non-pemerintah. Misalnya, *workshop* dan seminar tentang teknologi penanganan

pasca panen dapat diadakan di komunitas nelayan, dengan melibatkan ahli dan praktisi dari industri perikanan. Selain itu, modul pelatihan berbasis online dan materi edukasi yang mudah diakses juga dapat membantu menyebarkan pengetahuan tentang teknologi modern kepada nelayan di daerah terpencil.

Selain itu, kemitraan antara pemerintah, sektor swasta, dan komunitas nelayan dapat membantu dalam penyediaan teknologi dan fasilitas yang diperlukan. Program kemitraan ini dapat mencakup penyediaan hibah atau pinjaman untuk pembelian peralatan, serta bantuan teknis dan pelatihan untuk memastikan penggunaan yang efektif dari teknologi tersebut. Dengan kerja sama yang baik, tantangan dalam infrastruktur dan teknologi dapat diatasi, dan kualitas hasil tangkapan dari perikanan karang dapat ditingkatkan.

Sebagai contoh, program kemitraan antara pemerintah Indonesia dan sektor swasta telah berhasil menyediakan unit pendingin dan fasilitas pengolahan ikan di beberapa daerah perikanan karang. Program ini tidak hanya membantu nelayan dalam menjaga kualitas hasil tangkapan mereka, tetapi juga menciptakan lapangan kerja dan meningkatkan pendapatan masyarakat setempat. Keberhasilan program ini menunjukkan bahwa dengan dukungan yang tepat, nelayan dapat mengadopsi teknologi modern dan meningkatkan efisiensi penanganan pasca panen.

Sebagai kesimpulan, infrastruktur dan teknologi penanganan pasca panen memainkan peran penting dalam memastikan kualitas dan keamanan hasil tangkapan dari perikanan karang. Melalui peningkatan fasilitas pendinginan, adopsi teknologi modern, dan pelatihan yang memadai, kualitas hasil tangkapan dapat dipertahankan dan ditingkatkan. Hal ini tidak hanya akan meningkatkan nilai ekonomis hasil tangkapan, tetapi juga

memastikan keberlanjutan industri perikanan karang untuk masa depan. Dengan upaya bersama dari berbagai pihak, kita dapat mencapai sistem penanganan pasca panen yang lebih efisien dan efektif, yang mendukung kesejahteraan masyarakat pesisir yang bergantung pada perikanan karang.

3.3 Kapasitas dan Pelatihan Sumber Daya Manusia

Kapasitas dan pelatihan sumber daya manusia merupakan aspek krusial dalam penanganan pasca panen hasil tangkapan dari perikanan karang. Kemampuan nelayan dan pekerja pasca panen dalam menerapkan teknik penanganan yang baik dan menggunakan teknologi modern sangat mempengaruhi kualitas akhir produk laut. Pengetahuan, keterampilan, dan sikap yang tepat sangat penting untuk memastikan bahwa setiap tahap dalam proses penanganan pasca panen dilakukan dengan cara yang optimal. Dalam sub-bab ini, kita akan mengeksplorasi pentingnya kapasitas dan pelatihan, tantangan yang dihadapi dalam meningkatkan keterampilan, serta upaya yang dapat dilakukan untuk mengembangkan kapasitas sumber daya manusia dalam sektor ini.

3.3.1 Pentingnya Kapasitas dan Pelatihan

Kapasitas sumber daya manusia dalam penanganan pasca panen mencakup berbagai aspek, mulai dari pengetahuan tentang teknik penanganan yang baik, keterampilan dalam menggunakan peralatan modern, hingga sikap yang positif terhadap pentingnya menjaga kualitas hasil tangkapan. Pelatihan yang komprehensif dapat membantu nelayan dan pekerja pasca panen memahami pentingnya setiap tahap dalam proses penanganan pasca panen. Misalnya, pelatihan tentang penggunaan es dan pendinginan cepat dapat mengajarkan mereka cara yang benar untuk

mengaplikasikan teknik ini, sehingga ikan tetap segar lebih lama. Selain itu, pelatihan tentang sanitasi dan kebersihan dapat membantu mengurangi risiko kontaminasi bakteri, yang sangat penting untuk menjaga kualitas dan keamanan produk laut.

Namun, meskipun pentingnya pelatihan dan pengembangan kapasitas sudah diakui, terdapat berbagai tantangan yang dihadapi dalam upaya ini. Salah satu tantangan utama adalah keterbatasan akses ke program pelatihan yang berkualitas. Banyak komunitas nelayan yang berada di daerah terpencil tidak memiliki akses yang memadai ke pelatihan dan pendidikan tentang teknik penanganan pasca panen. Keterbatasan ini sering kali disebabkan oleh kurangnya fasilitas pelatihan, jarak yang jauh dari pusat-pusat pelatihan, dan biaya yang tinggi untuk menghadiri pelatihan.

Kurangnya pengetahuan dan kesadaran tentang pentingnya pelatihan juga menjadi tantangan. Banyak nelayan dan pekerja pasca panen yang belum menyadari dampak signifikan dari penanganan yang buruk terhadap kualitas hasil tangkapan dan nilai ekonomisnya. Mereka mungkin juga merasa bahwa metode tradisional yang mereka gunakan sudah cukup, tanpa menyadari bahwa teknik dan teknologi modern dapat sangat meningkatkan efisiensi dan kualitas produk. Selain itu, keterbatasan waktu dan sumber daya juga dapat menjadi penghalang. Nelayan dan pekerja pasca panen sering kali sibuk dengan aktivitas harian mereka dan mungkin tidak memiliki waktu untuk menghadiri pelatihan. Selain itu, biaya untuk menghadiri pelatihan, termasuk biaya transportasi, akomodasi, dan biaya pelatihan itu sendiri, sering kali menjadi hambatan bagi nelayan kecil yang memiliki sumber daya terbatas.

Untuk mengatasi tantangan-tantangan ini, diperlukan upaya yang komprehensif dan terkoordinasi untuk meningkatkan kapasitas dan pelatihan sumber daya manusia dalam penanganan pasca panen. Salah satu langkah penting adalah penyediaan

program pelatihan yang terjangkau dan mudah diakses. Pemerintah, lembaga pendidikan, dan organisasi non-pemerintah dapat bekerja sama untuk mengembangkan dan menyediakan program pelatihan di berbagai daerah, terutama di komunitas nelayan terpencil.

3.3.2 Pelatihan yang Diperlukan

Pelatihan yang diperlukan untuk mengoptimalkan penanganan pasca panen perikanan karang meliputi berbagai aspek teknis dan manajerial. Setiap jenis pelatihan dirancang untuk mengatasi masalah spesifik yang dihadapi nelayan dan pekerja pasca panen, serta untuk meningkatkan kualitas dan nilai ekonomi hasil tangkapan.

a. Penggunaan Es dan Pendinginan Cepat

Penggunaan es dan pendinginan cepat merupakan teknik yang sangat penting dalam penanganan pasca panen untuk menjaga kesegaran ikan segera setelah penangkapan. Sebelum pelatihan, banyak nelayan mungkin tidak menggunakan es dengan benar atau tidak mengetahui cara optimal untuk menurunkan suhu ikan dengan cepat. Akibatnya, ikan dapat mengalami kerusakan, yang mengurangi kualitas dan masa simpan produk. Pelatihan penggunaan es dan pendinginan cepat bertujuan untuk memberikan pemahaman terkait teknik yang benar dalam penggunaan es dan metode pendinginan cepat untuk menjaga kesegaran ikan. Misalnya, nelayan diajarkan cara mengaplikasikan es secara merata, menjaga suhu optimal, dan teknik penyimpanan yang benar. Dengan pelatihan ini, diharapkan nelayan dapat mengurangi kerusakan ikan, mempertahankan kualitas, dan meningkatkan masa simpan produk. Kondisi yang diharapkan setelah pelatihan adalah peningkatan kualitas dan kesegaran ikan,

yang pada gilirannya meningkatkan nilai jual dan pendapatan nelayan.

b. Sanitasi dan Kebersihan

Sanitasi dan kebersihan adalah aspek penting lainnya dalam penanganan pasca panen yang sering diabaikan sebelum adanya pelatihan yang memadai. Sebelum pelatihan, nelayan mungkin tidak menyadari pentingnya kebersihan dalam proses penanganan ikan, yang dapat menyebabkan kontaminasi dan kerusakan produk. Pelatihan sanitasi dan kebersihan mencakup praktik kebersihan pribadi, penggunaan alat pelindung diri, dan prosedur pembersihan peralatan dan area kerja. Dengan memahami pentingnya sanitasi, nelayan dapat mengurangi risiko kontaminasi bakteri dan menjaga kualitas produk. Setelah pelatihan, diharapkan nelayan dapat menerapkan praktik kebersihan yang baik, mengurangi insiden kontaminasi, dan meningkatkan keamanan serta kualitas produk laut.

c. Pengemasan dan Penyimpanan

Teknik pengemasan yang baik sangat penting untuk mempertahankan kesegaran dan kualitas ikan selama penyimpanan dan transportasi. Sebelum pelatihan, nelayan mungkin menggunakan metode pengemasan yang kurang efisien, yang dapat menyebabkan kerusakan produk selama penyimpanan atau pengiriman. Pelatihan teknik pengemasan yang baik mencakup penggunaan *vacuum packing* dan teknik pengemasan lainnya yang membantu mempertahankan kesegaran dan kualitas ikan. Dengan pelatihan ini, nelayan diajarkan cara memilih bahan pengemas yang tepat dan teknik pengemasan yang efisien. Kondisi yang diharapkan setelah pelatihan adalah peningkatan dalam cara pengemasan ikan, yang mengurangi kerusakan selama

penyimpanan dan transportasi, serta meningkatkan daya tarik produk di pasar.

d. Unit Pendingin dan Cold storage

Unit pendingin dan *cold storage* adalah teknologi penting yang membantu menjaga kualitas ikan dari saat penangkapan hingga sampai ke konsumen. Sebelum pelatihan, banyak nelayan mungkin tidak memiliki pengetahuan tentang cara mengoperasikan dan merawat unit pendingin, yang dapat mengakibatkan kerusakan pada peralatan dan penurunan kualitas ikan. Pelatihan ini mencakup cara mengoperasikan peralatan pendingin, memantau suhu, dan melakukan pemeliharaan rutin untuk memastikan peralatan berfungsi dengan baik. Dengan pelatihan ini, diharapkan nelayan dapat menjaga kualitas ikan dengan lebih baik dan mengurangi kerusakan produk. Kondisi yang diharapkan setelah pelatihan adalah penggunaan yang lebih efisien dari unit pendingin dan *cold storage*, yang menghasilkan ikan yang lebih segar dan berkualitas tinggi.

e. Blast freezing dan IQF (Individual Quick Freezing)

Blast freezing dan IQF adalah teknologi pembekuan cepat yang sangat efektif dalam mempertahankan kualitas ikan. Sebelum pelatihan, nelayan mungkin menggunakan metode pembekuan yang kurang efektif, yang dapat menyebabkan kerusakan pada tekstur dan rasa ikan. Pelatihan ini mencakup cara mengatur suhu, waktu pembekuan, dan cara menangani ikan sebelum dan setelah pembekuan. Dengan pelatihan ini, diharapkan nelayan dapat menggunakan teknologi ini dengan lebih baik, yang mengurangi kerusakan produk dan mempertahankan kualitas. Kondisi yang diharapkan setelah pelatihan adalah peningkatan dalam cara pembekuan ikan, yang menghasilkan produk dengan kualitas dan kesegaran yang lebih baik.

f. Mesin Pengemas Vakum

Mesin pengemas vakum adalah teknologi penting lainnya yang membantu mengemas ikan dengan cara yang mempertahankan kesegaran dan kualitas. Sebelum pelatihan, nelayan mungkin tidak mengetahui cara mengoperasikan mesin ini dengan benar, yang dapat mengakibatkan pengemasan yang kurang efisien dan penurunan kualitas ikan. Pelatihan ini mencakup cara mengoperasikan mesin, memilih bahan pengemas yang tepat, dan teknik pengemasan yang efektif. Dengan pelatihan ini, diharapkan nelayan dapat mengemas ikan dengan lebih efisien dan mempertahankan kualitas produk. Kondisi yang diharapkan setelah pelatihan adalah peningkatan dalam cara pengemasan ikan, yang menghasilkan produk dengan kualitas dan daya tarik yang lebih tinggi di pasar.

g. Manajemen Rantai Pasok

Manajemen rantai pasok adalah aspek penting yang memastikan bahwa ikan dapat sampai ke pasar dalam kondisi terbaik. Sebelum pelatihan, nelayan mungkin tidak memiliki pengetahuan tentang cara mengelola logistik, penyimpanan, dan distribusi dengan efisien, yang dapat mengakibatkan penurunan kualitas produk selama proses rantai pasok. Pelatihan ini mencakup cara mengelola logistik, penyimpanan, dan distribusi untuk memastikan ikan sampai ke pasar dalam kondisi terbaik. Dengan pelatihan ini, diharapkan nelayan dapat mengelola rantai pasok dengan lebih efisien, yang mengurangi kerusakan produk dan meningkatkan kualitas. Kondisi yang diharapkan setelah pelatihan adalah manajemen rantai pasok yang lebih efisien, yang menghasilkan ikan dengan kualitas yang lebih baik di pasar.

h. Pemasaran dan Branding

Strategi pemasaran dan branding sangat penting untuk meningkatkan nilai jual ikan. Sebelum pelatihan, nelayan mungkin tidak memiliki pengetahuan tentang cara memasarkan produk mereka, membangun merek, dan memahami pasar serta kebutuhan konsumen, yang dapat mengakibatkan rendahnya nilai jual produk. Pelatihan ini mencakup cara memasarkan produk, membangun merek, dan memahami pasar serta kebutuhan konsumen. Dengan pelatihan ini, diharapkan nelayan dapat meningkatkan nilai jual produk mereka dan bersaing lebih baik di pasar. Kondisi yang diharapkan setelah pelatihan adalah peningkatan dalam cara memasarkan dan membangun merek, yang meningkatkan nilai jual dan pendapatan nelayan.

i. Standar dan Regulasi

Standar kualitas dan regulasi adalah aspek penting yang memastikan bahwa produk ikan memenuhi persyaratan hukum dan sertifikasi yang berlaku. Sebelum pelatihan, nelayan mungkin tidak mengetahui tentang standar kualitas dan regulasi yang berlaku, yang dapat mengakibatkan produk tidak memenuhi persyaratan hukum dan menurunkan nilai jual. Pelatihan ini mencakup persyaratan hukum, sertifikasi, dan cara memenuhi standar kualitas yang ditetapkan. Dengan pelatihan ini, diharapkan nelayan dapat memenuhi standar kualitas dan regulasi yang berlaku, yang meningkatkan daya saing produk mereka di pasar. Kondisi yang diharapkan setelah pelatihan adalah peningkatan dalam pemahaman dan penerapan standar kualitas dan regulasi, yang menghasilkan produk yang lebih kompetitif dan bernilai tinggi.

3.3.3 Upaya Peningkatan Kapasitas dan Pelatihan

Untuk mengatasi tantangan-tantangan dalam meningkatkan kapasitas dan pelatihan, diperlukan upaya yang komprehensif dan terkoordinasi. Salah satu langkah penting adalah penyediaan program pelatihan yang terjangkau dan mudah diakses. Pemerintah, lembaga pendidikan, dan organisasi non-pemerintah dapat bekerja sama untuk mengembangkan dan menyediakan program pelatihan di berbagai daerah, terutama di komunitas nelayan terpencil.

Program pelatihan dapat diselenggarakan dalam bentuk *workshop*, seminar, dan kursus singkat yang difokuskan pada teknik penanganan pasca panen yang baik. Pelatihan ini dapat mencakup penggunaan teknologi modern seperti pendinginan cepat, *vacuum packing*, dan sanitasi yang baik. Selain itu, pelatihan juga dapat mencakup aspek-aspek manajemen dan pemasaran untuk membantu nelayan meningkatkan nilai ekonomis hasil tangkapan mereka. Penyediaan modul pelatihan berbasis online juga dapat menjadi solusi untuk mengatasi keterbatasan akses. Modul pelatihan online yang dapat diakses melalui perangkat mobile atau komputer memungkinkan nelayan dan pekerja pasca panen belajar kapan saja dan di mana saja. Modul ini dapat mencakup video tutorial, panduan langkah demi langkah, dan kuis untuk mengukur pemahaman peserta. Dengan teknologi digital, pelatihan dapat diakses oleh lebih banyak orang dan dengan biaya yang lebih rendah. Selain itu, program magang dan pembinaan juga dapat membantu meningkatkan keterampilan dan pengetahuan nelayan. Program magang memungkinkan nelayan belajar secara langsung dari praktisi berpengalaman dalam industri perikanan. Pembinaan oleh mentor atau ahli juga dapat memberikan bimbingan praktis dan saran yang berguna untuk meningkatkan praktik penanganan pasca panen. Program ini dapat mencakup kunjungan lapangan,

demonstrasi teknik, dan sesi tanya jawab untuk memberikan pemahaman yang lebih mendalam kepada peserta.

Dukungan finansial dan insentif juga dapat mendorong partisipasi nelayan dalam program pelatihan. Pemerintah dapat menyediakan hibah atau subsidi untuk biaya pelatihan, transportasi, dan akomodasi. Selain itu, pemberian sertifikasi atau penghargaan bagi nelayan yang berhasil menyelesaikan pelatihan dapat memberikan motivasi tambahan. Sertifikasi ini juga dapat meningkatkan reputasi dan daya saing produk mereka di pasar. Kemitraan dengan sektor swasta juga dapat memainkan peran penting dalam pengembangan kapasitas dan pelatihan. Perusahaan-perusahaan yang bergerak di bidang perikanan, teknologi pengolahan, dan distribusi dapat berkontribusi dengan menyediakan pelatihan, teknologi, dan dukungan teknis. Kemitraan ini dapat menciptakan sinergi antara berbagai pihak yang terlibat dalam rantai pasokan perikanan, sehingga menghasilkan sistem yang lebih efisien dan efektif.

Sebagai contoh, program kemitraan antara pemerintah Indonesia dan sektor swasta telah berhasil meningkatkan kapasitas dan pelatihan nelayan di beberapa daerah perikanan karang. Program ini mencakup pelatihan tentang teknik penanganan pasca panen, penggunaan teknologi modern, dan manajemen pemasaran. Selain itu, program ini juga menyediakan fasilitas dan peralatan yang diperlukan untuk mendukung praktik penanganan yang baik. Keberhasilan program ini menunjukkan bahwa dengan dukungan yang tepat, nelayan dapat meningkatkan keterampilan dan pengetahuan mereka, serta menghasilkan produk yang berkualitas tinggi.

Sebagai kesimpulan, peningkatan kapasitas dan pelatihan sumber daya manusia dalam penanganan pasca panen hasil tangkapan dari perikanan karang sangat penting untuk

memastikan kualitas dan nilai ekonomis produk. Melalui program pelatihan yang komprehensif, penyediaan modul online, program magang dan pembinaan, dukungan finansial, dan kemitraan dengan sektor swasta, keterampilan dan pengetahuan nelayan serta pekerja pasca panen dapat ditingkatkan. Hal ini tidak hanya akan meningkatkan kualitas hasil tangkapan, tetapi juga mendukung keberlanjutan industri perikanan karang untuk masa depan. Dengan upaya bersama dari berbagai pihak, kita dapat mencapai sistem penanganan pasca panen yang lebih baik, yang mendukung kesejahteraan masyarakat pesisir yang bergantung pada perikanan karang.

BAB 4

PRINSIP PENANGANAN PASCA PANEN BERKELANJUTAN

Penanganan pasca panen merujuk pada serangkaian aktivitas yang dilakukan setelah hasil tangkapan ikan diperoleh hingga produk tersebut siap untuk dikonsumsi atau dijual di pasar. Aktivitas ini mencakup pemotongan, pembersihan, pengolahan awal, pengawetan, dan penyimpanan. Penanganan pasca panen yang baik bertujuan untuk mempertahankan kualitas, kesegaran, dan nilai ekonomi hasil tangkapan, serta memastikan keamanan pangan bagi konsumen. Lebih jauh lagi, penanganan pasca panen berkelanjutan berfokus pada keberlanjutan sumber daya perikanan dan kesejahteraan masyarakat nelayan.

4.1 Definisi Penanganan Pasca Panen

Penanganan pasca panen adalah semua tindakan yang dilakukan untuk menjaga kualitas dan kesegaran hasil tangkapan dari saat penangkapan hingga sampai ke tangan konsumen. Proses ini melibatkan beberapa langkah penting:

a. Pemotongan dan Pembersihan

Pemotongan dan pembersihan merupakan langkah pertama dalam penanganan pasca panen ikan. Proses ini melibatkan penghilangan sisik, sirip, dan isi perut ikan untuk mengurangi risiko kontaminasi bakteri dan menjaga kualitas ikan. Pembersihan yang cepat dan hati-hati sangat penting karena bagian dalam ikan yang tidak diinginkan dapat menjadi sumber kontaminasi bakteri

jika dibiarkan terlalu lama. Selain itu, pembersihan membantu menghilangkan lendir dan darah yang dapat menurunkan kualitas rasa dan tampilan ikan.



Gambar 12. Proses pembersihan dan pemotongan pada industri pengolahan perikanan
(Sumber: pthentryjaya.wordpress.com)

Pemotongan yang benar juga mengurangi risiko kontaminasi silang, yaitu perpindahan bakteri dari satu bagian ikan ke bagian lainnya atau dari ikan ke permukaan dan alat yang digunakan. Pembersihan yang hati-hati dan cepat segera setelah penangkapan dapat mengurangi risiko pembusukan dan mempertahankan kesegaran ikan lebih lama. Ini adalah langkah penting dalam memastikan bahwa ikan yang sampai ke konsumen tetap dalam kondisi terbaik.

b. Pengolahan Awal

Pengolahan awal meliputi tindakan-tindakan seperti *filleting*, pengasinan, atau pembekuan cepat. *Filleting* memudahkan konsumen dalam mengolah ikan lebih lanjut dan meningkatkan nilai jual. Pengasinan membantu dalam mengawetkan ikan dengan cara mengurangi kadar air dan menghambat pertumbuhan bakteri. Pengolahan awal sangat penting dalam meningkatkan nilai tambah produk perikanan, membuatnya lebih menarik bagi konsumen, dan memperpanjang umur simpan produk.



Gambar 13. Proses filleting dan produk fillet/loin grade AA tujuan jepang
(Sumber: pthentryjaya.wordpress.com)

Filleting yang dilakukan dengan baik tidak hanya meningkatkan estetika produk tetapi juga mempermudah konsumen dalam proses memasak, yang pada gilirannya meningkatkan daya tarik pasar. Pengasinan, selain mengawetkan ikan, juga dapat menambah cita rasa yang khas, membuat produk lebih menarik bagi konsumen. Pembekuan cepat atau *blast freezing* segera setelah penangkapan juga penting untuk menghentikan aktivitas enzim dan mikroorganisme yang dapat merusak ikan.

c. Pengawetan

Metode pengawetan seperti penggaraman, pengasapan, atau pembekuan digunakan untuk memperpanjang umur simpan ikan. Penggaraman bekerja dengan cara mengurangi kadar air dalam daging ikan, yang menghambat pertumbuhan bakteri dan mikroorganisme lainnya. Pengasapan melibatkan pengeringan ikan menggunakan asap dari kayu yang dibakar, memberikan rasa khas dan membantu mencegah pertumbuhan mikroorganisme. Pembekuan modern menggunakan teknologi seperti *individual quick freezing* untuk mempertahankan tekstur dan rasa ikan.



Gambar 14. Penerapan IQF pada produk udang
(Sumber: www.koldkraft.com)

Penggaraman dan pengasapan adalah metode tradisional yang telah digunakan selama berabad-abad untuk mengawetkan ikan. Penggaraman tidak hanya memperpanjang umur simpan ikan tetapi juga dapat menambah rasa dan tekstur yang diinginkan oleh konsumen. Pengasapan, di sisi lain, memberikan rasa yang khas dan membantu mencegah pertumbuhan mikroorganisme. Pembekuan cepat menggunakan suhu sangat rendah untuk menghentikan aktivitas enzim dan mikroorganisme dengan cepat, yang menjaga kualitas dan kesegaran ikan untuk jangka waktu yang lebih lama.

d. Penyimpanan

Penyimpanan yang tepat sangat penting untuk mencegah kerusakan dan mempertahankan kualitas ikan. Teknik penyimpanan seperti *cold storage*, *blast freezer*, dan metode penyimpanan atmosfer terkendali digunakan untuk menjaga suhu dan kualitas ikan. *Cold storage* menggunakan suhu rendah untuk memperlambat pertumbuhan bakteri dan aktivitas enzim, sementara *blast freezer* bekerja dengan membekukan ikan pada suhu yang sangat rendah dalam waktu singkat. Penyimpanan atmosfer terkendali melibatkan pengaturan komposisi gas di sekitar ikan untuk menghambat proses dekomposisi dan menjaga kesegaran.



Gambar 15. Penempatan hasil tangkapan pada cold storage
(Sumber: www.pndice.com)

Cold storage dapat memperpanjang umur simpan ikan hingga beberapa bulan, sementara penyimpanan dalam *blast freezer* dapat menjaga kualitas ikan hingga lebih dari satu tahun. Penyimpanan atmosfer terkendali membantu memperlambat proses penuaan ikan dengan mengatur kadar oksigen, karbon dioksida, dan nitrogen dalam ruang penyimpanan. Ini adalah teknik yang efektif untuk menjaga kualitas ikan selama penyimpanan jangka panjang dan memastikan bahwa produk tetap dalam kondisi optimal sampai ke tangan konsumen.

e. Distribusi

Distribusi melibatkan pengangkutan ikan dari lokasi penangkapan atau pengolahan ke pasar atau konsumen akhir. Pengangkutan yang efisien dan penggunaan kendaraan berpendingin membantu memastikan bahwa ikan tetap segar selama perjalanan. Distribusi yang efisien meminimalkan waktu transit dan menjaga rantai dingin tetap terjaga, yang penting untuk mencegah kerusakan dan kehilangan kualitas. Teknik pengemasan yang baik dan pelabelan yang jelas juga membantu dalam menjaga kualitas dan memastikan bahwa konsumen menerima produk yang aman dan berkualitas tinggi.



*Gambar 16. Sarana pendistribusian produk perikanan
(Sumber: www.newsanalisa.com)*

Penggunaan kendaraan berpendingin dalam distribusi memastikan bahwa suhu ikan tetap rendah selama perjalanan, yang penting untuk menjaga kesegaran. Selain itu, teknik pengemasan yang baik melindungi produk dari kerusakan fisik dan kontaminasi, sementara pelabelan yang jelas memberikan informasi penting tentang produk, seperti tanggal penangkapan, tanggal kadaluarsa, dan informasi nutrisi. Distribusi yang efisien juga melibatkan manajemen rantai pasokan yang baik untuk memastikan bahwa ikan sampai ke pasar tepat waktu dan dalam kondisi optimal.

4.2 Relevansi Penanganan Pasca Panen

Penanganan pasca panen memiliki relevansi yang sangat penting dalam konteks perikanan karang dan kehidupan masyarakat pesisir. Relevansi ini dapat dilihat dari beberapa perspektif berikut:

a. Kualitas dan Kesegaran Produk

Penanganan pasca panen yang baik sangat penting untuk mempertahankan kualitas dan kesegaran ikan. Kualitas ikan yang baik tidak hanya meningkatkan kepuasan konsumen tetapi juga memiliki nilai jual yang lebih tinggi. Kesegaran produk juga berdampak langsung pada kesehatan konsumen karena ikan yang

segar memiliki risiko kontaminasi yang lebih rendah. Ikan yang ditangani dengan baik memiliki tekstur yang lebih baik, rasa yang lebih enak, dan tampilan yang lebih menarik, semua faktor ini berkontribusi pada harga jual yang lebih tinggi.

Kesegaran dan kualitas ikan sangat penting dalam membangun kepercayaan konsumen terhadap produk perikanan. Konsumen yang puas dengan kualitas ikan cenderung menjadi pelanggan setia dan dapat merekomendasikan produk tersebut kepada orang lain, yang pada gilirannya dapat meningkatkan permintaan pasar dan pendapatan nelayan. Selain itu, produk ikan yang segar dan berkualitas tinggi memiliki nilai gizi yang lebih baik, yang penting untuk kesehatan konsumen.

b. Nilai Ekonomi

Dengan mempertahankan kualitas dan kesegaran ikan, nelayan dapat meningkatkan nilai ekonomi hasil tangkapan mereka. Ikan yang ditangani dengan baik memiliki umur simpan yang lebih lama dan dapat dijual dengan harga yang lebih tinggi di pasar lokal maupun internasional. Hal ini juga membuka peluang bagi nelayan untuk mengakses pasar yang lebih luas dan meningkatkan pendapatan mereka. Misalnya, pasar ekspor untuk ikan hias hidup menawarkan harga yang jauh lebih tinggi dibandingkan pasar lokal, tetapi memerlukan penanganan yang sangat hati-hati untuk memastikan ikan tetap hidup dan sehat selama transportasi.

Penanganan yang baik juga memungkinkan nelayan untuk menjual produk mereka ke pasar yang lebih menguntungkan, seperti restoran mewah dan pasar ekspor, yang sering kali menawarkan harga yang lebih tinggi untuk produk berkualitas. Ini dapat memberikan insentif ekonomi yang kuat bagi nelayan untuk menerapkan praktik penanganan yang baik dan berkelanjutan. Selain itu, peningkatan pendapatan dari penjualan ikan berkualitas

tinggi dapat membantu nelayan dan komunitas pesisir untuk berinvestasi dalam peralatan dan teknologi yang lebih baik, yang pada gilirannya meningkatkan efisiensi dan keberlanjutan usaha mereka.

c. Keberlanjutan Sumber Daya Perikanan

Penanganan pasca panen yang berkelanjutan membantu mengurangi tekanan pada stok ikan dan ekosistem laut. Dengan mengurangi limbah dan memaksimalkan penggunaan hasil tangkapan, nelayan dapat berkontribusi pada konservasi sumber daya perikanan. Teknik penanganan yang ramah lingkungan juga membantu menjaga keseimbangan ekosistem dan mendukung keberlanjutan jangka panjang. Misalnya, penggunaan jaring halus untuk menangkap ikan hidup mengurangi kerusakan pada terumbu karang dan organisme laut lainnya, sehingga membantu menjaga keanekaragaman hayati.

Keberlanjutan sumber daya perikanan sangat penting untuk menjaga kelangsungan hidup ekosistem laut dan memastikan bahwa stok ikan tetap tersedia untuk generasi mendatang. Praktik penanganan yang berkelanjutan juga dapat membantu nelayan untuk memenuhi persyaratan dan standar lingkungan yang semakin ketat di pasar internasional. Dengan mengadopsi praktik yang ramah lingkungan, nelayan dapat mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan dan mendukung pemulihan ekosistem laut yang rusak.

d. Kesejahteraan Sosial-Ekonomi Nelayan

Penanganan pasca panen yang baik dapat meningkatkan kesejahteraan sosial-ekonomi nelayan, terutama nelayan skala kecil. Dengan meningkatkan keterampilan dan pengetahuan mereka tentang teknik penanganan yang baik, nelayan dapat menghasilkan produk yang berkualitas tinggi dan meningkatkan

pendapatan mereka. Hal ini juga membantu mengurangi kemiskinan dan meningkatkan standar hidup di komunitas pesisir. Program pelatihan dan pemberdayaan nelayan dapat memberikan dampak positif jangka panjang pada ekonomi lokal dan keberlanjutan sumber daya.

Program pelatihan dan pemberdayaan yang berfokus pada peningkatan keterampilan dan pengetahuan nelayan dalam penanganan pasca panen dapat memberikan manfaat jangka panjang. Nelayan yang terampil dalam teknik penanganan yang baik dapat meningkatkan efisiensi operasional mereka dan menghasilkan produk berkualitas tinggi, yang pada gilirannya meningkatkan pendapatan mereka. Selain itu, pemberdayaan nelayan melalui pelatihan dan akses ke teknologi modern dapat membantu mereka untuk lebih berdaya saing di pasar global.

e. Keamanan Pangan

Penanganan pasca panen yang tepat memastikan bahwa produk perikanan aman untuk dikonsumsi. Proses yang higienis dan pengawasan yang ketat terhadap kontaminasi bakteri dan bahan kimia berbahaya membantu mencegah penyakit yang ditularkan melalui makanan. Keamanan pangan adalah aspek penting dalam menjaga kesehatan masyarakat dan membangun kepercayaan konsumen terhadap produk perikanan. Standar keamanan pangan yang ketat juga meningkatkan daya saing produk perikanan di pasar internasional.

Keamanan pangan sangat penting dalam memastikan bahwa produk perikanan yang sampai ke konsumen bebas dari kontaminasi dan aman untuk dikonsumsi. Penerapan praktik higienis dalam semua tahap penanganan pasca panen, mulai dari penangkapan hingga distribusi, sangat penting untuk mencegah kontaminasi bakteri dan bahan kimia berbahaya. Regulasi yang

ketat dan pengawasan yang efektif oleh otoritas terkait juga penting untuk memastikan bahwa standar keamanan pangan terpenuhi.

f. Dukungan terhadap Industri Perikanan

Penanganan pasca panen yang efektif juga mendukung perkembangan industri perikanan secara keseluruhan. Dengan memproduksi ikan yang berkualitas tinggi dan aman, industri perikanan dapat memenuhi permintaan pasar yang semakin meningkat. Ini juga membuka peluang untuk ekspansi dan investasi dalam teknologi dan infrastruktur yang lebih baik. Industri perikanan yang berkembang dengan baik dapat menciptakan lapangan kerja baru, meningkatkan pendapatan daerah, dan mendukung pertumbuhan ekonomi yang berkelanjutan.

Industri perikanan yang berkembang dengan baik dapat memberikan kontribusi signifikan terhadap perekonomian lokal dan nasional. Dengan meningkatkan kualitas produk dan efisiensi operasional, industri perikanan dapat menarik investasi baru dan memperluas pasar. Selain itu, peningkatan pendapatan dari industri perikanan dapat mendukung pembangunan infrastruktur dan layanan publik yang lebih baik di komunitas pesisir, yang pada gilirannya meningkatkan kesejahteraan masyarakat.

g. Adaptasi terhadap Perubahan Iklim

Perubahan iklim membawa tantangan baru bagi industri perikanan, seperti perubahan pola migrasi ikan dan peningkatan frekuensi kejadian cuaca ekstrem. Penanganan pasca panen yang baik membantu nelayan beradaptasi dengan perubahan ini. Teknik-teknik pengolahan dan penyimpanan yang efisien dapat membantu mengurangi kerugian akibat penurunan stok ikan dan meningkatkan ketahanan pangan. Misalnya, penggunaan teknologi pendinginan dan penyimpanan yang lebih efisien dapat membantu nelayan mengatasi fluktuasi stok ikan akibat perubahan iklim.

Perubahan iklim dapat mempengaruhi distribusi dan ketersediaan stok ikan, yang dapat berdampak negatif pada pendapatan dan keberlanjutan nelayan. Penanganan pasca panen yang baik dapat membantu nelayan untuk beradaptasi dengan perubahan ini dengan cara meningkatkan efisiensi pengolahan dan penyimpanan ikan. Teknologi yang lebih efisien dan ramah lingkungan juga dapat membantu mengurangi dampak negatif perubahan iklim terhadap ekosistem laut dan keberlanjutan sumber daya perikanan.

h. Penguatan Rantai Nilai

Dengan menerapkan praktik penanganan pasca panen yang baik, nelayan dapat memperkuat rantai nilai perikanan dari hulu ke hilir. Ini melibatkan peningkatan efisiensi dalam setiap tahap proses, mulai dari penangkapan hingga distribusi. Penguatan rantai nilai ini tidak hanya meningkatkan kualitas produk tetapi juga memperkuat posisi nelayan dalam pasar global. Rantai nilai yang kuat membantu memastikan bahwa semua pihak yang terlibat dalam industri perikanan mendapatkan manfaat yang adil dan berkelanjutan.

Penguatan rantai nilai perikanan melibatkan peningkatan efisiensi dan transparansi dalam setiap tahap proses penanganan pasca panen. Dengan mengadopsi praktik terbaik dan teknologi modern, nelayan dapat meningkatkan kualitas dan nilai tambah produk mereka. Penguatan rantai nilai juga dapat membantu mengurangi biaya dan meningkatkan keuntungan, yang pada gilirannya dapat mendukung keberlanjutan ekonomi dan lingkungan.

4.3 Penanganan Pasca Panen Berkelanjutan

Penanganan pasca panen berkelanjutan adalah pendekatan yang tidak hanya fokus pada menjaga kualitas dan nilai ekonomi hasil tangkapan, tetapi juga pada keberlanjutan sumber daya perikanan dan kesejahteraan masyarakat nelayan. Pendekatan ini melibatkan integrasi prinsip-prinsip keberlanjutan dalam setiap langkah penanganan pasca panen.

Pendekatan holistik dalam penanganan pasca panen berkelanjutan melibatkan pemahaman menyeluruh tentang interaksi antara aktivitas penanganan pasca panen dan dampaknya terhadap ekosistem laut serta masyarakat nelayan. Ini mencakup evaluasi menyeluruh terhadap praktik penangkapan, teknik pengolahan, dan sistem distribusi yang digunakan. Pendekatan ini memastikan bahwa semua aspek penanganan pasca panen berkontribusi pada keberlanjutan jangka panjang. Pendekatan holistik juga mencakup penilaian terhadap dampak sosial dan ekonomi dari praktik penanganan pasca panen. Misalnya, evaluasi terhadap kesejahteraan nelayan dan komunitas pesisir, serta dampak ekonomi dari peningkatan kualitas dan efisiensi produk perikanan. Pendekatan ini membantu dalam merancang kebijakan dan strategi yang mendukung keberlanjutan secara keseluruhan.

Meningkatkan kapasitas dan pelatihan nelayan tentang teknik penanganan pasca panen yang berkelanjutan merupakan hal yang sangat penting. Pelatihan ini harus mencakup aspek teknis dan manajerial, serta mengajarkan cara-cara untuk meminimalkan dampak negatif terhadap lingkungan dan meningkatkan efisiensi ekonomi. Program pelatihan yang efektif dapat mencakup modul tentang teknik penanganan ikan hidup, penggunaan teknologi ramah lingkungan, dan manajemen usaha perikanan. Program pelatihan yang komprehensif membantu nelayan untuk mengadopsi praktik terbaik dalam penanganan pasca panen.

Pelatihan teknis dapat mencakup penggunaan alat dan teknologi modern, teknik pengawetan yang efektif, dan praktik higienis dalam penanganan ikan. Pelatihan manajerial dapat membantu nelayan dalam mengelola usaha mereka dengan lebih efisien, termasuk manajemen keuangan, pemasaran, dan pengembangan usaha.

Penggunaan teknologi tepat guna yang ramah lingkungan dapat membantu mencapai tujuan keberlanjutan dalam penanganan pasca panen. Teknologi seperti pendinginan energi rendah, pengemasan *biodegradable*, dan sistem pemantauan kualitas dapat meningkatkan efisiensi dan mengurangi dampak lingkungan. Inovasi dalam teknologi penangkapan ikan hidup, misalnya, dapat membantu mengurangi kerusakan pada ikan dan habitat laut. Inovasi teknologi memainkan peran penting dalam meningkatkan efisiensi dan keberlanjutan penanganan pasca panen. Teknologi pendinginan energi rendah dapat mengurangi biaya operasional dan dampak lingkungan dari penyimpanan ikan. Pengemasan *biodegradable* membantu mengurangi limbah plastik dan dampak lingkungan dari pengemasan produk. Sistem pemantauan kualitas yang canggih dapat membantu dalam memastikan bahwa produk ikan tetap dalam kondisi optimal selama penyimpanan dan distribusi.

Kolaborasi antara pemerintah, sektor swasta, lembaga pendidikan, dan organisasi non-pemerintah sangat penting untuk mencapai penanganan pasca panen yang berkelanjutan. Kemitraan ini dapat menyediakan sumber daya, teknologi, dan pengetahuan yang diperlukan untuk mendukung praktik terbaik dalam penanganan pasca panen. Kolaborasi yang efektif dapat menciptakan sinergi yang memperkuat kemampuan nelayan dalam mengadopsi praktik berkelanjutan. Kolaborasi yang kuat antara berbagai pihak dapat menghasilkan solusi yang lebih efektif dan

inovatif untuk tantangan dalam penanganan pasca panen. Misalnya, kemitraan antara pemerintah dan sektor swasta dapat menyediakan investasi dan teknologi yang diperlukan untuk meningkatkan efisiensi dan keberlanjutan. Lembaga pendidikan dan penelitian dapat berkontribusi dengan menyediakan pelatihan dan pengetahuan terbaru tentang teknik dan teknologi penanganan pasca panen.

Kebijakan dan regulasi yang mendukung praktik penanganan pasca panen berkelanjutan harus diterapkan dan ditegakkan. Ini termasuk standar kualitas, persyaratan higienis, dan insentif untuk penggunaan teknologi ramah lingkungan. Regulasi yang kuat dapat membantu mengarahkan industri perikanan menuju praktik yang lebih berkelanjutan dan bertanggung jawab. Pemerintah dapat memainkan peran penting dengan menyediakan kerangka regulasi yang mendukung dan memastikan kepatuhan melalui pengawasan dan penegakan yang efektif. Kebijakan dan regulasi yang mendukung dapat mencakup insentif untuk nelayan yang mengadopsi praktik berkelanjutan, seperti bantuan keuangan, subsidi, atau akses ke pasar premium. Selain itu, regulasi yang mengatur standar kualitas dan keamanan pangan dapat membantu memastikan bahwa produk perikanan yang dihasilkan memenuhi persyaratan yang ketat dan aman untuk dikonsumsi. Pengawasan yang efektif dan penegakan yang tegas juga penting untuk memastikan bahwa semua pelaku industri perikanan mematuhi regulasi dan standar yang berlaku.

Sebagai kesimpulan, penanganan pasca panen yang baik dan berkelanjutan memiliki relevansi yang sangat penting dalam menjaga kualitas dan nilai ekonomi hasil tangkapan, serta memastikan keberlanjutan sumber daya perikanan dan kesejahteraan masyarakat nelayan. Dengan menerapkan prinsip-prinsip fundamental dan pendekatan holistik, kita dapat mencapai

tujuan keberlanjutan yang lebih luas dan mendukung perkembangan industri perikanan yang lebih sehat dan berkelanjutan.

BAB 5

TEKNIK PENANGANAN PASCA PANEN

5.1 Teknik-Teknik Penanganan Pasca Panen

5.1.1 Pemotongan

a. Alat dan Teknik Pemotongan yang Efektif

Proses pemotongan dalam pengolahan ikan memiliki peran yang sangat penting dalam menghilangkan bagian-bagian yang tidak diinginkan seperti sirip, sisik, dan isi perut, yang pada akhirnya berkontribusi terhadap kualitas dan keamanan produk akhir. Penggunaan alat yang tepat, seperti pisau tajam, gunting, dan peralatan pemotongan otomatis, sangat diperlukan untuk meminimalkan kontaminasi bakteri dan mengurangi risiko kerusakan pada ikan selama proses pemotongan (Liu et al., 2022). Pentingnya penggunaan pisau yang tajam dan bersih sangat ditekankan untuk memastikan pemotongan yang halus dan mencegah kerusakan pada daging ikan, sehingga menjaga kualitas produk akhir (Liu et al., 2022). Selain itu, kemajuan dalam teknik pemotongan ikan, termasuk penggunaan visi mesin dan aplikasi kecerdasan buatan, telah diperkenalkan untuk meningkatkan efisiensi operasi pemotongan, meningkatkan hasil produksi, serta memastikan keamanan dan kualitas produk dalam industri perikanan (PS et al., 2022).

Teknik pemotongan yang baik melibatkan penghilangan sisik dengan cara mengikis dari ekor ke kepala, pemotongan sirip menggunakan gunting, dan pengeluaran isi perut dengan hati-hati agar tidak merusak organ dalam lainnya yang dapat menyebabkan

kontaminasi. Teknik pemotongan juga harus mempertimbangkan efisiensi dan efektivitas dalam hal waktu dan usaha yang diperlukan. Penggunaan alat pemotong otomatis dapat meningkatkan efisiensi dan konsistensi dalam pemotongan, terutama dalam operasi skala besar. Alat ini dirancang untuk melakukan pemotongan yang presisi dengan minimal kerusakan pada daging ikan. Hal ini sangat penting dalam industri perikanan modern yang memerlukan kecepatan dan ketepatan untuk memenuhi permintaan pasar yang tinggi. Proses pemotongan ikan tuna misalnya, dimulai dengan pelepasan kepala. Ikan ditempatkan di atas meja bersih dengan posisi kepala di sebelah kiri pekerja yang akan melakukan pemotongan. Bahaya potensial pada tahap ini termasuk pertumbuhan bakteri yang dikategorikan pada keamanan pangan dan mutu. Bahaya ini dapat terjadi jika suhu ruang pemotongan tinggi dan alat terkontaminasi. Untuk mengatasi ini, suhu ruangan dijaga pada 13°C dan pisau dibersihkan secara berkala. Kepala, tulang, dan sirip ikan yang telah dipotong ditampung dalam bak khusus untuk limbah, yang kemudian dapat dijual lokal (Liu et al., 2022).

Pemotongan *fillet* membutuhkan keterampilan khusus dan sangat ditentukan oleh kemampuan tenaga kerja. *Fillet* harus bebas dari tulang serta daging gelap, yang berwarna karena kadar metmyoglobin yang tinggi akibat oksidasi. Untuk melindungi daging ikan, beberapa upaya dilakukan, seperti menjaga keutuhan tubuh ikan, mengurangi pemotongan tubuh ikan, menutupi tubuh ikan dengan es halus, dan membungkus ikan dengan bahan pengepak yang kedap oksigen.

b. Prosedur Higienis dalam Pemotongan

Kebersihan selama proses pemotongan sangat penting untuk mencegah kontaminasi bakteri dan menjaga kualitas ikan. Semua

peralatan yang digunakan harus didesinfeksi secara rutin, dan area kerja harus dijaga kebersihannya. Pekerja yang melakukan pemotongan harus menggunakan pakaian pelindung seperti sarung tangan, celemek, dan penutup kepala untuk menghindari kontak langsung dengan ikan (Ereno Tadielo et al., 2023). Prosedur higienis juga mencakup pencucian tangan secara rutin dengan sabun antiseptik sebelum dan setelah memegang ikan, serta penggunaan alas kerja yang bersih dan bebas dari kontaminan. Selain itu, penting untuk menghindari kontak antara ikan yang sudah dibersihkan dengan bahan mentah atau limbah lainnya yang dapat menyebabkan kontaminasi silang. Implementasi sistem manajemen mutu seperti Hazard Analysis and Critical Control Points (HACCP) dapat membantu memastikan bahwa setiap tahap dalam proses pemotongan dilakukan sesuai dengan standar higienis yang ketat (Ereno Tadielo et al., 2023). Ini melibatkan identifikasi titik kritis dalam proses pemotongan di mana risiko kontaminasi dapat terjadi dan mengambil langkah-langkah pencegahan yang tepat. Dengan demikian, risiko kontaminasi dapat diminimalkan dan kualitas produk dapat dipertahankan (Pelyuntha et al., 2022).

c. Pengaruh Pemotongan terhadap Kualitas Ikan

Pemotongan yang tepat dapat menjaga kualitas daging ikan dengan mengurangi kerusakan fisik dan kontaminasi mikroba (Lemos et al., 2023). Teknik pemotongan yang buruk dapat menyebabkan luka pada daging ikan, yang tidak hanya merusak tampilan tetapi juga meningkatkan risiko pembusukan. Potongan yang bersih dan rapi membantu mempertahankan tekstur dan rasa ikan, serta memperpanjang umur simpan produk (Cheng et al., 2023).



*Gambar 17. Contoh pemotongan tuna saku ekspor grade AAA
(Sumber: pthentryjaya.wordpress.com)*

Pemotongan yang baik memungkinkan untuk memaksimalkan hasil daging yang dapat dimakan. Dengan menghilangkan bagian-bagian yang tidak diinginkan dengan hati-hati, lebih banyak daging yang dapat diproses dan dijual, meningkatkan efisiensi dan keuntungan (Liu et al., 2022). Selain itu, pemotongan yang tepat juga dapat membantu dalam penyiapan ikan untuk metode pengolahan lebih lanjut seperti pengasinan atau pembekuan. Teknik pemotongan yang baik juga mempertimbangkan aspek estetika, seperti memastikan potongan yang simetris dan rapi, yang penting untuk produk yang dijual di pasar premium atau untuk keperluan ekspor. Dengan demikian, pemotongan yang tepat tidak hanya meningkatkan kualitas produk tetapi juga memberikan nilai tambah pada produk perikanan (Liu et al., 2022).

5.1.2 Pembersihan

a. Alat dan Bahan untuk Pembersihan Ikan

Pembersihan ikan merupakan langkah penting untuk menghilangkan kotoran, lendir, dan darah yang dapat menjadi tempat tumbuhnya bakteri (Díaz-Puertas et al., 2023). Alat yang

digunakan dalam proses ini meliputi sikat, alat penyemprot air, dan pisau pembersih. Bahan yang digunakan termasuk air bersih, es, dan dalam beberapa kasus, larutan antiseptik ringan untuk desinfeksi termasuk peptida dan protein (Díaz-Puertas et al., 2023). Pembersihan yang efektif memerlukan air bersih yang mengalir untuk mencuci ikan secara menyeluruh. Sikat dapat digunakan untuk menggosok permukaan ikan dan menghilangkan lendir dan kotoran. Alat penyemprot air membantu dalam mengalirkan air bersih ke seluruh bagian ikan untuk memastikan semua kotoran terangkat.

Penting untuk menggunakan alat yang tepat untuk berbagai jenis ikan dan kondisi. Misalnya, sikat dengan bulu lembut lebih cocok untuk ikan dengan kulit halus, sementara sikat dengan bulu yang lebih kaku dapat digunakan untuk ikan dengan sisik tebal. Pemilihan alat yang tepat dapat membantu menghindari kerusakan pada daging ikan selama proses pembersihan. Selain itu, penggunaan alat-alat yang tepat dan bahan pembersih yang sesuai dapat meningkatkan efisiensi proses pembersihan dan memastikan bahwa ikan tetap bersih dan aman untuk dikonsumsi. Bahan baku ikan yang telah dilakukan pengecekan kemudian dilakukan proses pencucian dengan menggunakan air dingin bersuhu sekitar 1°C (Liu et al., 2022). Air pencucian mengandung klorin yang bertujuan untuk menghilangkan dan membersihkan kotoran, darah, lendir, dan benda asing yang menempel pada ikan, sehingga dapat mengurangi jumlah mikroba (Díaz-Puertas et al., 2023).

b. Proses Pembersihan yang Benar

Proses pembersihan yang benar harus dilakukan segera setelah pemotongan untuk mencegah kontaminasi bakteri. Ikan harus dibilas dengan air dingin yang mengalir, kemudian disikat dengan lembut untuk menghilangkan kotoran dan lendir dari permukaan (Garridogamarro et al., 2023). Isi perut ikan juga harus

dikeluarkan dengan hati-hati, dan rongga perut harus dicuci bersih untuk menghilangkan sisa-sisa organ dalam. Untuk menjaga kualitas dan keamanan ikan selama pembersihan, air yang digunakan harus memenuhi standar mutu air minum. Suhu air yang ideal untuk pembersihan adalah sekitar 0-4°C (Garridogamarro et al., 2023), yang membantu menghambat pertumbuhan bakteri dan menjaga kesegaran ikan. Penggunaan air bersih yang bebas dari kontaminasi mikroba sangat penting untuk memastikan bahwa ikan tidak terkontaminasi kembali setelah pembersihan. Standar air yang digunakan untuk pembersihan ikan harus memenuhi kriteria kualitas air minum yang ditetapkan oleh Badan Pengawasan Obat dan Makanan (BPOM).



*Gambar 18. Ilustrasi pembersihan pada perusahaan pengolahan tuna
(Sumber: www.kumparan.com)*

Berikut adalah beberapa parameter penting yang harus dipenuhi:

1. Mikrobiologi: Air harus bebas dari bakteri patogen seperti *Escherichia coli*, *Salmonella*, dan *Vibrio cholerae*. Standar ini dapat dipenuhi dengan melakukan pengujian mikrobiologi secara berkala menggunakan metode yang telah ditetapkan dalam SNI 01-2332.1-2006 hingga SNI 01-2332.4-2006.

2. Kimia: Air harus bebas dari kontaminasi kimia berbahaya seperti logam berat (raksa, timbal, kadmium) dan histamin. Pengujian kimia dapat dilakukan sesuai dengan SNI 01-2354.5-2006 hingga SNI 01-2360.
3. Fisik: Air harus jernih, bebas dari bau dan rasa yang mencurigakan, serta memiliki suhu yang sesuai ($0-4^{\circ}\text{C}$) untuk mencegah pertumbuhan bakteri.

Implementasi teknik sanitasi yang baik juga penting untuk menghindari kontaminasi silang selama proses pembersihan. Ini melibatkan penggunaan peralatan dan bahan pembersih yang sesuai, serta pelatihan yang memadai bagi pekerja untuk memastikan bahwa prosedur pembersihan dilakukan dengan benar dan konsisten. Prosedur yang baik dan penggunaan air yang sesuai akan memastikan bahwa ikan tetap bersih dan bebas dari kontaminasi, yang sangat penting untuk menjaga kualitas dan keamanan produk perikanan. Menurut Hadiwitoyo (1993), air dingin yang digunakan untuk pencucian tanpa perlakuan apapun tidak memiliki pengaruh signifikan dalam penghambatan bakteri psikrofil. Namun, pemberian klorin dapat mengurangi jumlah dan jenis bakteri psikrofil. Pemberian klorin yang baik tercapai bila kandungan sisa terletak antara 2-7 ppm, sedangkan kebutuhan klor berkisar antara 0,25-0,75 ppm (Janči et al., 2023). Ikan yang telah mengalami proses pencucian dikumpulkan dalam bak penampungan sementara yang telah diberi es serta klorin. Penyimpanan dilakukan hingga semua bahan baku ikan tiba di perusahaan dan siap untuk diproses.

c. Dampak Pembersihan terhadap Kontaminasi Bakteri

Pembersihan yang tepat dapat secara signifikan mengurangi jumlah bakteri pada ikan, yang penting untuk mencegah pembusukan dan memperpanjang umur simpan. Air dingin membantu dalam menghambat pertumbuhan bakteri dan menjaga

kesegaran ikan. Sebaliknya, pembersihan yang buruk dapat meningkatkan risiko kontaminasi bakteri, yang dapat menyebabkan pembusukan cepat dan menurunkan kualitas ikan (Díaz-Puertas et al., 2023). Kontaminasi bakteri tidak hanya mempengaruhi kesegaran dan umur simpan ikan tetapi juga dapat menimbulkan risiko kesehatan bagi konsumen. Oleh karena itu, prosedur pembersihan yang benar dan higienis sangat penting dalam penanganan pasca panen.

Implementasi teknik sanitasi yang baik juga penting untuk menghindari kontaminasi silang selama proses pembersihan. Ini melibatkan penggunaan peralatan dan bahan pembersih yang sesuai, serta pelatihan yang memadai bagi pekerja untuk memastikan bahwa prosedur pembersihan dilakukan dengan benar dan konsisten (Garriogamarro et al., 2023). Dengan demikian, risiko kontaminasi bakteri dapat diminimalkan dan kualitas produk dapat dipertahankan.

5.1.3 Pengolahan Awal

a. Teknik Filleting dan Penyisihan Tulang

Filleting adalah proses menghilangkan tulang dan kulit dari daging ikan untuk mendapatkan bagian daging yang siap dikonsumsi. Teknik *filleting* yang baik memerlukan keterampilan dan alat yang tepat, seperti pisau fillet yang tajam dan fleksibel. *Filleting* harus dilakukan dengan hati-hati untuk memaksimalkan hasil daging dan meminimalkan pemborosan. Proses *filleting* dimulai dengan memotong di sepanjang tulang belakang ikan, kemudian menggeser pisau di bawah daging untuk memisahkannya dari tulang (Gómez-Guillén et al., 2023). Kulit dapat dikupas menggunakan teknik yang tepat untuk memastikan daging tetap utuh dan tidak rusak. *Filleting* yang efisien

menghasilkan potongan daging yang rapi dan bebas dari tulang, yang siap untuk proses pengolahan lebih lanjut (Xu et al., 2023).



Gambar 19. Proses *filleting* pada industri pengolahan perikanan berstandar ekspor
(Sumber: www.serambinews.com)

Selain teknik *filleting* manual, penggunaan mesin fillet otomatis dapat meningkatkan efisiensi dan konsistensi dalam produksi skala besar. Mesin ini dirancang untuk melakukan *filleting* dengan presisi tinggi, mengurangi risiko cedera pada pekerja, dan meningkatkan kapasitas produksi. Penggunaan mesin fillet juga dapat membantu dalam menjaga kebersihan dan higienitas selama proses *filleting*, karena mesin tersebut biasanya dilengkapi dengan sistem pembersih otomatis yang memastikan bahwa alat tetap bersih selama operasi (Chaklader et al., 2023; Tong et al., 2023).

b. Pengasinan: Metode dan Manfaatnya

Pengasinan adalah metode pengawetan ikan dengan menggunakan garam untuk mengurangi kadar air dalam daging dan menghambat pertumbuhan bakteri (Lemos et al., 2023). Metode ini telah digunakan selama berabad-abad dan masih sangat efektif dalam memperpanjang umur simpan ikan. Pengasinan dapat dilakukan dengan dua cara utama: pengasinan kering dan pengasinan basah. Pengasinan kering melibatkan penutupan ikan dengan lapisan garam yang tebal, sedangkan pengasinan basah menggunakan larutan garam (brine) untuk merendam ikan. Kedua

metode ini membantu dalam menghilangkan air dari jaringan ikan, menciptakan lingkungan yang tidak kondusif untuk pertumbuhan bakteri. Pengasinan juga memberikan rasa yang khas dan meningkatkan tekstur ikan (Lyashenko et al., 2023).



Gambar 20. Pengolahan ikan asin tradisional
(Sumber: www.researchgate.com)

Pengasinan tidak hanya memperpanjang umur simpan ikan tetapi juga meningkatkan cita rasa dan tekstur produk akhir. Teknik ini sangat cocok untuk ikan yang akan disimpan dalam jangka waktu lama atau dikirim ke pasar yang jauh. Selain itu, pengasinan juga dapat dikombinasikan dengan metode pengawetan lain seperti pengasapan atau pengeringan untuk hasil yang lebih optimal (Amer et al., 2023). Proses pengasinan juga dapat disesuaikan dengan jenis ikan dan preferensi pasar, sehingga produk yang dihasilkan dapat memenuhi berbagai kebutuhan konsumen.

c. Pembekuan Cepat: Teknik dan Keuntungannya

Pembekuan cepat atau *blast freezing* adalah teknik membekukan ikan pada suhu yang sangat rendah dalam waktu singkat. Teknik ini menggunakan aliran udara dingin yang kuat untuk mengurangi suhu ikan dengan cepat, biasanya hingga -40°C atau lebih rendah (Lu et al., 2022). Pembekuan cepat membantu dalam menjaga kualitas tekstur dan rasa ikan dengan mengurangi

pembentukan kristal es besar yang dapat merusak sel-sel daging. Keuntungan utama dari pembekuan cepat adalah kemampuan untuk mempertahankan kesegaran dan nilai gizi ikan dalam jangka waktu yang lebih lama (Lu et al., 2022). Ikan yang dibekukan dengan teknik ini dapat disimpan selama berbulan-bulan tanpa kehilangan kualitas, yang sangat menguntungkan untuk distribusi dan pemasaran (Cao et al., 2023). Pembekuan cepat juga membantu dalam menjaga tampilan ikan, membuatnya lebih menarik bagi konsumen. Pembekuan cepat juga mengurangi risiko pembusukan dan kontaminasi mikroba, karena suhu yang sangat rendah menghentikan aktivitas bakteri dan enzim yang dapat menyebabkan kerusakan pada ikan. Teknologi ini sangat penting untuk industri perikanan modern, memungkinkan produk ikan untuk mencapai pasar internasional dengan kualitas yang tetap terjaga. Selain itu, pembekuan cepat juga dapat meningkatkan efisiensi logistik dan distribusi, karena produk yang dibekukan dengan cepat dapat disimpan dan dikirim dalam kondisi yang optimal.



*Gambar 21. Fillet ikan yang telah melalui proses blast freezing
(Sumber: www.eurofish.dk)*

Teknik ini juga membantu dalam mengurangi kerugian produk selama musim panen puncak, ketika pasokan ikan

melimpah dan tidak semua dapat dipasarkan dengan segera. Pembekuan cepat memungkinkan produsen untuk menyimpan ikan dalam kondisi segar untuk periode yang lebih lama, sehingga dapat dipasarkan di kemudian hari ketika permintaan meningkat (Cao et al., 2023).

5.2 Penanganan Ikan Hidup

Penanganan ikan hidup merupakan aspek penting dalam industri perikanan karang, terutama untuk ikan hias dan ikan konsumsi yang dipasarkan dalam kondisi hidup. Proses ini memerlukan perhatian khusus untuk memastikan bahwa ikan tetap sehat dan bebas stres selama penangkapan, penyimpanan, dan transportasi. Penanganan yang tepat dapat meningkatkan kualitas dan nilai ekonomi ikan, serta mengurangi tingkat kematian selama transportasi dan penyimpanan (Anikuttan et al., 2022).

5.2.1 Penangkapan dan Penanganan

a. Metode Penangkapan yang Minim Stres

Penangkapan ikan hidup memerlukan metode yang dapat meminimalkan stres dan cedera pada ikan. Metode yang umum digunakan termasuk penggunaan jaring halus, perangkap ikan, dan alat pancing khusus. Alat penangkap harus dirancang sedemikian rupa sehingga tidak melukai atau menyebabkan stres berlebih pada ikan (Anikuttan et al., 2022). Misalnya, penggunaan jaring halus dapat mengurangi risiko luka pada kulit ikan, sementara perangkap ikan dapat menangkap ikan dengan lembut tanpa menyebabkan kerusakan fisik.

Metode penangkapan juga harus mempertimbangkan kondisi lingkungan, seperti suhu air dan kadar oksigen. Penangkapan ikan pada waktu yang tepat, seperti pagi hari atau sore hari ketika suhu

air lebih sejuk, dapat mengurangi stres pada ikan. Selain itu, penggunaan teknik penangkapan yang cepat dan efisien dapat mengurangi waktu ikan berada di luar air, sehingga mengurangi risiko kematian akibat stres dan kekurangan oksigen. Dalam beberapa kasus, penggunaan perangkap ikan yang dipasang di habitat alami ikan juga bisa menjadi solusi efektif. Perangkap ini biasanya ditempatkan di area yang sering dilalui ikan dan dirancang untuk menangkap ikan tanpa menyebabkan banyak stres (Anikuttan et al., 2022). Penggunaan umpan alami dalam perangkap juga dapat mengurangi stres pada ikan karena mereka tertarik dengan makanan yang mereka kenal. Misalnya, dalam penangkapan ikan hias seperti *clownfish*, penggunaan jaring yang sangat halus dan perangkap berbasis habitat alami sangat penting. Jaring harus digunakan dengan lembut untuk menghindari stres dan cedera pada ikan, sementara perangkap berbasis habitat alami, seperti struktur karang buatan, dapat digunakan untuk menarik ikan masuk tanpa paksaan. Metode-metode ini tidak hanya mengurangi stres pada ikan tetapi juga meningkatkan peluang ikan bertahan hidup setelah penangkapan (Galligan SJ et al., 2022).

b. Teknik Penanganan untuk Mengurangi Cedera

Setelah penangkapan, ikan harus ditangani dengan hati-hati untuk mengurangi risiko cedera dan stres. Teknik penanganan yang baik meliputi penggunaan alat penanganan yang lembut, seperti jaring halus dan wadah plastik yang bersih. Ikan harus dipindahkan dengan cepat dan hati-hati dari alat penangkap ke wadah penyimpanan atau transportasi. Selama penanganan, penting untuk menjaga kondisi fisik ikan dengan menghindari kontak langsung dengan tangan yang kasar atau alat yang tajam. Penggunaan sarung tangan lembut dan basah dapat membantu mengurangi risiko kerusakan pada kulit ikan. Selain itu, menjaga ikan tetap basah dan dalam air selama penanganan dapat

membantu menjaga keseimbangan osmotik dan mengurangi stres (Galligan SJ et al., 2022).

Teknik penanganan yang baik juga mencakup penghindaran perubahan suhu yang tiba-tiba. Misalnya, jika ikan dipindahkan dari satu wadah ke wadah lain, penting untuk memastikan bahwa suhu air di kedua wadah tersebut serupa. Perbedaan suhu yang drastis dapat menyebabkan stres termal pada ikan, yang dapat meningkatkan risiko kematian (Zollett & Swimmer, 2019). Selain itu, penting untuk meminimalkan waktu ikan berada di luar air selama penanganan. Semakin singkat waktu ikan berada di luar air, semakin rendah risiko stres dan cedera. Oleh karena itu, penanganan harus dilakukan dengan cepat dan efisien untuk memastikan bahwa ikan kembali ke dalam air sesegera mungkin.

Dalam praktiknya, penanganan ikan seperti *angelfish* atau *butterflyfish* memerlukan perhatian ekstra karena kulit mereka yang sensitif dan sirip yang rentan. Menggunakan jaring berlapis karet yang lembut dan memastikan ikan tetap dalam air saat dipindahkan dapat membantu mengurangi cedera. Selain itu, menjaga tangan dan peralatan selalu basah saat menangani ikan ini membantu mengurangi stres osmotik yang dapat terjadi akibat perubahan mendadak dari air ke udara (Scarponi et al., 2021).

c. Alat dan Perlengkapan untuk Penangkapan Ikan Hidup

Alat dan perlengkapan yang digunakan untuk penangkapan ikan hidup harus dirancang untuk meminimalkan stres dan cedera pada ikan. Alat penangkap seperti jaring halus, perangkap ikan, dan alat pancing khusus harus dipilih berdasarkan jenis ikan dan kondisi lingkungan. Jaring halus, misalnya, lebih cocok untuk menangkap ikan kecil dan ikan hias yang memiliki kulit dan sirip sensitif. Perlengkapan tambahan seperti aerator portabel dan alat pengukur kualitas air juga penting untuk memastikan kondisi optimal selama penangkapan dan penanganan. Aerator membantu

menjaga kadar oksigen dalam air, sementara alat pengukur kualitas air dapat digunakan untuk memantau suhu, pH, dan kadar oksigen, sehingga kondisi lingkungan dapat disesuaikan untuk mengurangi stres pada ikan.



Gambar 22. Perangkap ikan tradisional (bubu) untuk menangkap ikan dalam kondisi hidup

(Sumber: www.ferryrusli.blogspot.com)

Penggunaan wadah penyimpanan sementara yang tepat juga penting dalam proses penangkapan. Wadah ini harus cukup besar untuk memungkinkan ikan berenang dengan bebas tanpa saling berbenturan, yang dapat menyebabkan cedera. Selain itu, wadah harus dilengkapi dengan sistem aerasi yang efektif untuk menjaga kadar oksigen dalam air tetap tinggi. Perlengkapan seperti keranjang ikan yang dilengkapi dengan pelapis lembut juga dapat digunakan untuk memindahkan ikan dari satu tempat ke tempat lain tanpa menyebabkan cedera. Keranjang ini harus dirancang sedemikian rupa sehingga ikan tidak saling bertabrakan dan terlindung dari benda keras.

Wadah penyimpanan yang baik juga harus dilengkapi dengan sistem kontrol suhu untuk memastikan bahwa air tetap dalam kisaran suhu yang aman bagi ikan. Untuk ikan tropis, suhu air biasanya dijaga antara 24-28°C, tergantung pada spesiesnya (Arifin

et al., 2022). Sistem aerasi yang efisien sangat penting untuk memastikan bahwa kadar oksigen dalam air tetap tinggi, terutama ketika ikan disimpan dalam kepadatan yang tinggi. Selain itu, penggunaan alat pengukur kualitas air untuk memantau parameter seperti amonia, nitrit, dan nitrat dapat membantu memastikan bahwa lingkungan tetap aman bagi ikan.

5.2.2 Penyimpanan dan Pemeliharaan

a. Sistem Aerasi dan Kontrol Suhu

Penyimpanan ikan hidup memerlukan sistem aerasi yang efektif untuk memastikan bahwa ikan menerima cukup oksigen. Sistem aerasi dapat berupa aerator listrik, pompa udara, atau sistem *venturi* yang menciptakan gelembung udara di dalam air. Penting untuk memastikan bahwa sistem aerasi bekerja dengan baik dan dapat menyediakan oksigen yang cukup untuk jumlah ikan yang disimpan. Selain itu, suhu air harus dikontrol dengan baik untuk menjaga ikan tetap sehat. Suhu air yang terlalu tinggi atau terlalu rendah dapat menyebabkan stres dan meningkatkan risiko penyakit pada ikan. Sistem pendingin atau pemanas air dapat digunakan untuk menjaga suhu air tetap stabil. Suhu yang optimal biasanya bervariasi tergantung pada jenis ikan, tetapi umumnya berkisar antara 20-25°C untuk ikan tropis (Shahbaz Azhar et al., 2022).

Sistem aerasi harus dirancang sedemikian rupa sehingga aliran udara merata di seluruh wadah penyimpanan. Penggunaan batu aerasi atau *diffuser* dapat membantu mendistribusikan gelembung udara secara merata, memastikan bahwa setiap bagian wadah menerima oksigen yang cukup. Selain itu, penting untuk memantau kadar oksigen secara teratur menggunakan alat pengukur oksigen terlarut untuk memastikan bahwa kadar oksigen tetap dalam rentang yang aman. Sistem aerasi juga harus dilengkapi

dengan sumber daya cadangan, seperti baterai, untuk memastikan bahwa aerasi tetap berjalan selama pemadaman listrik atau gangguan lainnya.

Sistem kontrol suhu dapat berupa pendingin atau pemanas yang diintegrasikan ke dalam sistem penyimpanan. Untuk ikan tropis, penggunaan *chiller* atau *heater* dapat membantu menjaga suhu air tetap konstan dalam kisaran yang diinginkan. Selain itu, wadah penyimpanan harus dilengkapi dengan insulasi termal yang baik untuk mengurangi fluktuasi suhu yang dapat terjadi akibat perubahan kondisi lingkungan luar (Prieto-Luna et al., 2023).

b. Pengaturan Kualitas Air

Kualitas air merupakan faktor penting dalam penyimpanan ikan hidup. Air harus bersih dan bebas dari kontaminan seperti amonia, nitrit, dan nitrat. Sistem filtrasi biologis dan mekanis dapat digunakan untuk menjaga kualitas air dengan menghilangkan partikel padat dan menguraikan bahan organik yang terlarut (Yanuhar et al., 2022). Penggunaan bahan kimia seperti klorin juga harus dihindari karena dapat berbahaya bagi ikan. Selain itu, parameter kualitas air seperti pH, salinitas, dan kadar oksigen harus dipantau secara teratur. pH air sebaiknya dijaga antara 6.5-8.5, tergantung pada jenis ikan. Kadar oksigen harus dijaga di atas 5 mg/L untuk memastikan ikan dapat bernapas dengan baik. Pemantauan rutin dan penyesuaian parameter kualitas air dapat membantu menjaga kondisi optimal untuk ikan hidup (Masood et al., 2023).

Penggunaan filter biologis sangat penting dalam menguraikan amonia yang dihasilkan dari limbah ikan menjadi nitrit dan kemudian menjadi nitrat, yang kurang berbahaya. Filter mekanis

membantu menghilangkan partikel padat dari air, sementara filter biologis menggunakan bakteri yang menguraikan senyawa nitrogen. Penggunaan media filter yang tepat, seperti keramik atau spons biologis, dapat meningkatkan efisiensi filtrasi. Selain itu, penting untuk mengganti air secara berkala untuk menjaga kualitas air tetap optimal (Dong, 2023). Penggantian air harus dilakukan secara bertahap untuk menghindari perubahan drastis dalam parameter kualitas air yang dapat menyebabkan stres pada ikan.

Pengaturan kualitas air juga mencakup penggunaan alat pengukur seperti *test kit* untuk memantau parameter kualitas air secara berkala. Penggunaan *test kit* untuk memeriksa pH, amonia, nitrit, nitrat, dan kadar oksigen terlarut dapat membantu mendeteksi perubahan dalam kualitas air sebelum menjadi masalah yang serius. Selain itu, penambahan bahan kimia seperti deklorinator dapat digunakan untuk menghilangkan klorin dari air sebelum digunakan untuk penyimpanan ikan (Janči et al., 2023).

c. Pemantauan Kesehatan dan Nutrisi Ikan

Pemantauan kesehatan dan nutrisi ikan merupakan bagian penting dari penyimpanan dan pemeliharaan ikan hidup. Ikan harus diperiksa secara teratur untuk tanda-tanda penyakit atau stres, seperti perubahan warna, luka, atau perilaku yang tidak normal (Rennemo et al., 2023). Jika ada tanda-tanda masalah kesehatan, ikan yang terkena harus segera dipisahkan dan dirawat untuk mencegah penyebaran penyakit (Sukhovskaya et al., 2023). Pemberian pakan yang tepat juga penting untuk menjaga kesehatan ikan (Glencross et al., 2023). Pakan harus berkualitas tinggi dan mengandung nutrisi yang sesuai dengan kebutuhan ikan. Pakan hidup seperti cacing darah, artemia, dan serangga air sering digunakan untuk ikan hias, sementara pakan buatan yang diperkaya dengan vitamin dan mineral dapat digunakan untuk ikan konsumsi. Pemberian pakan harus dilakukan secara teratur, tetapi

tidak berlebihan untuk menghindari penumpukan sisa pakan yang dapat merusak kualitas air.

Teknik pemberian pakan yang baik melibatkan pemberian pakan dalam jumlah kecil tetapi sering untuk memastikan bahwa semua ikan mendapatkan makanan yang cukup tanpa menimbulkan penumpukan sisa pakan (Sukhovskaya et al., 2023). Selain itu, penggunaan pakan berkualitas tinggi yang mudah dicerna dapat membantu menjaga kesehatan ikan dan mengurangi produksi limbah (Glencross et al., 2023). Pemantauan kesehatan ikan juga melibatkan pemeriksaan fisik secara berkala dan pengujian laboratorium untuk mendeteksi adanya penyakit atau parasit. Penggunaan obat-obatan dan suplemen makanan yang tepat juga dapat membantu mencegah dan mengobati penyakit pada ikan.

Selain itu, menjaga kebersihan lingkungan penyimpanan sangat penting untuk mencegah timbulnya penyakit. Wadah penyimpanan harus dibersihkan secara berkala dan didesinfeksi untuk menghilangkan patogen yang mungkin ada. Pembersihan rutin dan penggantian air yang teratur dapat membantu menjaga lingkungan yang sehat bagi ikan.

5.2.3 Transportasi Ikan Hidup

a. Wadah Transportasi Berteknologi Tinggi

Transportasi ikan hidup memerlukan wadah khusus yang dirancang untuk menjaga ikan tetap sehat dan minim stres selama perjalanan (Guo et al., 2023). Wadah ini harus kuat, tahan bocor, dan dilengkapi dengan sistem aerasi untuk memastikan ikan menerima cukup oksigen. Contoh wadah transportasi berteknologi tinggi termasuk tangki dengan aerasi otomatis dan kontrol suhu, serta wadah portabel dengan sistem ventilasi yang baik. Wadah transportasi harus dirancang untuk meminimalkan pergerakan

ikan selama perjalanan, yang dapat menyebabkan stres dan cedera. Ini dapat dicapai dengan menggunakan sekat atau kompartemen dalam wadah untuk membatasi ruang gerak ikan. Selain itu, wadah harus diisi dengan air bersih yang telah disesuaikan dengan parameter kualitas yang optimal untuk jenis ikan yang diangkut.

Wadah transportasi modern juga dapat dilengkapi dengan sensor untuk memantau kondisi air selama perjalanan. Sensor ini dapat mengukur parameter seperti suhu, pH, dan kadar oksigen, serta memberikan peringatan jika ada perubahan yang signifikan (Prieto-Luna et al., 2023). Dengan demikian, tindakan korektif dapat diambil segera untuk menjaga kondisi optimal bagi ikan. Wadah ini juga harus dirancang untuk mudah dibersihkan dan didesinfeksi antara penggunaan untuk mencegah penyebaran penyakit. Wadah transportasi berteknologi tinggi juga sering dilengkapi dengan sistem isolasi termal untuk menjaga suhu air tetap stabil selama perjalanan. Sistem ini dapat menggunakan bahan isolasi termal seperti busa atau bahan reflektif untuk mengurangi kehilangan panas atau dingin (Guo et al., 2023). Selain itu, beberapa wadah transportasi dilengkapi dengan sistem aerasi yang terintegrasi dengan kontrol suhu, yang memungkinkan pengaturan suhu air dan aerasi dilakukan secara bersamaan.

b. Sistem Aerasi dan Pendinginan Portabel

Sistem aerasi dan pendinginan portabel sangat penting dalam transportasi ikan hidup untuk menjaga kondisi optimal selama perjalanan. Aerator portabel dapat digunakan untuk menyediakan oksigen tambahan (Rifat et al., 2019), sementara pendingin portabel atau es gel dapat digunakan untuk menjaga suhu air tetap stabil. Sistem ini harus mudah dioperasikan dan dirancang untuk bekerja dalam kondisi transportasi yang berbeda. Aerator portabel biasanya menggunakan baterai atau sumber daya alternatif untuk

memastikan bahwa mereka dapat beroperasi terus-menerus selama perjalanan. Penting untuk memeriksa dan memastikan bahwa aerator berfungsi dengan baik sebelum memulai perjalanan. Pendinginan portabel dapat diatur menggunakan bahan isolasi termal dan es gel untuk menjaga suhu air dalam rentang yang aman dan nyaman bagi ikan.

Selain itu, penggunaan teknologi pendinginan aktif seperti pendingin berbasis kompresor dapat memberikan kontrol suhu yang lebih presisi selama transportasi. Teknologi ini memungkinkan penyesuaian suhu secara *real-time* berdasarkan kondisi lingkungan, sehingga ikan dapat tetap dalam kondisi optimal selama perjalanan panjang (Prieto-Luna et al., 2023). Sistem aerasi dan pendinginan portabel juga harus dirancang untuk tahan terhadap kondisi transportasi yang keras, termasuk getaran dan guncangan, untuk memastikan bahwa mereka dapat beroperasi dengan baik sepanjang perjalanan.

c. Strategi Mengurangi Stres Selama Transportasi

Mengurangi stres selama transportasi sangat penting untuk menjaga kesehatan ikan hidup. Beberapa strategi yang dapat digunakan meliputi penggunaan sedatif ikan yang aman untuk mengurangi aktivitas ikan selama transportasi, menjaga kondisi air yang optimal, dan meminimalkan perubahan lingkungan yang tiba-tiba. Penggunaan sedatif seperti minyak cengkeh (Zare et al., 2023) atau *metomidate* dapat membantu mengurangi stres dengan menenangkan ikan, tetapi harus digunakan dengan hati-hati dan sesuai dosis yang direkomendasikan.

Selain itu, penting untuk meminimalkan gangguan fisik dan suara selama transportasi. Ikan harus diangkut dalam kondisi gelap atau dengan pencahayaan minimal untuk mengurangi stres visual. Wadah transportasi juga harus ditempatkan di lokasi yang stabil

untuk mengurangi getaran dan guncangan selama perjalanan (Findlay et al., 2023). Perjalanan harus direncanakan dengan baik untuk memastikan waktu transportasi sesingkat mungkin dan kondisi lingkungan tetap stabil.

Strategi lain yang dapat digunakan untuk mengurangi stres selama transportasi meliputi aklimatisasi ikan sebelum perjalanan. Aklimatisasi melibatkan penyesuaian bertahap ikan terhadap kondisi air di wadah transportasi sebelum perjalanan dimulai. Ini dapat membantu mengurangi kejutan fisik dan stres pada ikan, sehingga mereka lebih mampu bertahan dalam kondisi transportasi yang berubah. Selain itu, pemantauan kondisi air secara terus-menerus selama perjalanan dan melakukan penyesuaian yang diperlukan juga dapat membantu menjaga kesehatan ikan (Zhang et al., 2023). Pemilihan rute transportasi yang minim gangguan dan perubahan lingkungan juga penting. Misalnya, menghindari rute yang melalui daerah dengan perubahan suhu yang ekstrem atau daerah dengan jalan yang buruk dapat membantu mengurangi stres pada ikan. Selain itu, menjaga komunikasi yang baik dengan penerima ikan di tujuan akhir dapat memastikan bahwa mereka siap untuk segera menerima dan menangani ikan setelah tiba, mengurangi waktu ikan berada dalam kondisi transportasi yang mungkin stres.

5.3 Metode Pengawetan dan Sistem Penyimpanan

Metode pengawetan dan sistem penyimpanan sangat penting dalam penanganan pasca panen ikan untuk menjaga kualitas dan kesegaran produk perikanan. Langkah-langkah pengawetan yang tepat serta penyimpanan yang efektif dapat memperpanjang umur simpan ikan, mengurangi risiko pembusukan, dan memastikan bahwa produk tetap aman dan layak dikonsumsi. Dalam bab ini,

kita akan membahas berbagai metode pengawetan serta sistem penyimpanan yang digunakan dalam industri perikanan karang.

5.3.1 Metode Pengawetan

a. Penggaraman: Teknik dan Proses

Penggaraman adalah salah satu metode pengawetan ikan yang paling kuno dan masih digunakan secara luas hingga saat ini. Teknik ini melibatkan penggunaan garam untuk mengurangi kadar air dalam daging ikan, sehingga menghambat pertumbuhan bakteri dan mikroorganisme yang dapat menyebabkan pembusukan. Proses penggaraman dapat dilakukan dengan dua cara utama: penggaraman kering dan penggaraman basah (Fitri et al., 2022).

Penggaraman kering melibatkan penutupan ikan dengan lapisan garam yang tebal. Ikan dibersihkan terlebih dahulu, kemudian diletakkan dalam wadah atau tangki dan ditaburi garam hingga seluruh permukaan ikan tertutup. Proses ini menyebabkan garam menarik air dari jaringan ikan melalui osmosis, sehingga mengurangi kadar air dan menciptakan lingkungan yang tidak menguntungkan bagi pertumbuhan mikroorganisme (Fitri et al., 2022). Penggaraman kering biasanya membutuhkan waktu beberapa hari hingga beberapa minggu, tergantung pada ukuran dan jenis ikan serta tingkat keasinan yang diinginkan.

Penggaraman basah, atau brining, menggunakan larutan garam untuk merendam ikan. Konsentrasi larutan garam bervariasi tergantung pada kebutuhan, tetapi biasanya berkisar antara 15-25% (Fitri et al., 2022). Ikan direndam dalam larutan garam untuk waktu tertentu, yang dapat berkisar dari beberapa jam hingga beberapa hari. Proses ini tidak hanya mengurangi kadar air dalam daging ikan, tetapi juga memberikan rasa asin yang khas dan membantu mengawetkan ikan. Penggaraman basah lebih cepat

dibandingkan penggaraman kering dan sering digunakan dalam industri pengolahan ikan modern karena efisiensinya.

Dalam kedua metode penggaraman, penting untuk menggunakan garam berkualitas tinggi dan bersih untuk menghindari kontaminasi. Garam yang digunakan harus bebas dari kotoran dan zat kimia berbahaya yang dapat mempengaruhi kualitas ikan. Selain itu, kondisi penyimpanan selama proses penggaraman harus dijaga agar tetap bersih dan higienis untuk mencegah kontaminasi mikroorganisme (Bahrndorff et al., 2022). Penggunaan wadah yang steril dan alat yang tepat juga penting untuk memastikan bahwa proses penggaraman berjalan dengan efektif dan menghasilkan produk yang berkualitas tinggi.

Penggaraman juga dapat dipengaruhi oleh faktor-faktor seperti suhu dan kelembaban lingkungan. Pada suhu yang lebih tinggi, proses penggaraman dapat berlangsung lebih cepat, tetapi risiko kontaminasi mikroorganisme juga meningkat (Cao et al., 2023). Oleh karena itu, penting untuk mengendalikan suhu dan kelembaban selama proses penggaraman untuk memastikan bahwa ikan diasinkan dalam kondisi optimal. Penambahan bumbu atau rempah-rempah ke dalam larutan garam juga dapat memberikan rasa tambahan dan meningkatkan kualitas produk akhir.

b. Pengasapan: Metode Tradisional dan Modern

Pengasapan adalah metode pengawetan lain yang memberikan rasa dan aroma khas pada ikan. Metode ini melibatkan proses pengeringan ikan menggunakan asap dari kayu yang dibakar perlahan. Pengasapan dapat dilakukan dengan dua cara utama: pengasapan panas dan pengasapan dingin (Mahmud et al., 2018).

Pengasapan panas dilakukan pada suhu sekitar 70-90°C, yang tidak hanya mengeringkan ikan tetapi juga memasaknya sebagian (Mahmud et al., 2018). Ikan yang diasapi panas memiliki tekstur yang lebih lunak dan dapat dimakan langsung setelah proses pengasapan selesai. Pengasapan panas biasanya berlangsung selama beberapa jam hingga satu hari, tergantung pada jenis ikan dan hasil akhir yang diinginkan. Metode ini sering digunakan untuk ikan berlemak seperti makarel dan salmon.

Pengasapan dingin dilakukan pada suhu di bawah 30°C, yang mengeringkan ikan tanpa memasaknya. Proses ini membutuhkan waktu lebih lama, biasanya beberapa hari hingga beberapa minggu, tetapi menghasilkan ikan dengan tekstur yang lebih kering dan rasa asap yang lebih kuat (Mahmud et al., 2018). Pengasapan dingin lebih cocok untuk ikan yang akan disimpan dalam jangka waktu lama atau untuk produk yang akan dikonsumsi dalam bentuk mentah, seperti salmon asap.

Metode pengasapan modern menggunakan peralatan canggih yang dapat mengontrol suhu, kelembaban, dan aliran asap dengan presisi tinggi. Peralatan ini memastikan bahwa ikan diasapi secara merata dan aman, mengurangi risiko kontaminasi bakteri dan menjaga kualitas produk. Penggunaan kayu tertentu, seperti oak, hickory, atau alder, juga dapat memberikan variasi rasa yang berbeda pada ikan, sehingga produk akhir dapat disesuaikan dengan preferensi pasar. Proses pengasapan juga memerlukan pemantauan yang hati-hati untuk memastikan bahwa ikan tidak terlalu kering atau terlalu lembab, yang dapat mempengaruhi tekstur dan rasa akhir.

Pengasapan tradisional sering kali menggunakan rumah asap sederhana yang terbuat dari kayu atau batu, di mana ikan digantung di atas api yang membara. Meskipun metode ini memberikan rasa asap yang kuat dan autentik, kontrol terhadap

suhu dan kelembaban bisa menjadi tantangan. Oleh karena itu, banyak produsen ikan asap saat ini beralih ke metode pengasapan modern yang menawarkan kontrol lebih baik dan konsistensi produk yang lebih tinggi.

c. Pembekuan: Blast freezing vs. Pembekuan Konvensional

Pembekuan adalah metode pengawetan yang sangat efektif untuk menjaga kesegaran ikan dalam jangka waktu yang lama. Proses ini melibatkan penurunan suhu ikan hingga di bawah titik beku, yang menghentikan aktivitas mikroorganisme dan enzim yang dapat menyebabkan pembusukan (Ali et al., 2022). Ada dua metode utama pembekuan yang digunakan dalam industri perikanan: pembekuan cepat (*blast freezing*) dan pembekuan konvensional. *Blast freezing* adalah teknik pembekuan cepat yang menggunakan aliran udara dingin yang kuat untuk menurunkan suhu ikan dengan cepat, biasanya hingga -40°C atau lebih rendah (Sian et al., 2023). Proses ini mengurangi pembentukan kristal es besar yang dapat merusak sel-sel daging ikan, sehingga tekstur dan kualitas ikan tetap terjaga. Ikan yang dibekukan dengan *blast freezing* dapat disimpan dalam jangka waktu yang lebih lama tanpa kehilangan kualitas. Metode ini sangat efektif untuk ikan berlemak yang rentan terhadap oksidasi dan pembusukan, seperti salmon dan tuna.

Pembekuan konvensional, di sisi lain, menggunakan suhu yang lebih tinggi dan proses yang lebih lambat, biasanya sekitar -18°C hingga -25°C . Proses ini lebih murah dan mudah diimplementasikan, tetapi cenderung menghasilkan kristal es yang lebih besar yang dapat merusak tekstur daging ikan. Ikan yang dibekukan dengan metode ini memiliki umur simpan yang lebih pendek dan mungkin mengalami penurunan kualitas selama penyimpanan. Dalam kedua metode pembekuan, penting untuk

memastikan bahwa ikan dibekukan secepat mungkin setelah penangkapan untuk menjaga kesegaran. Selain itu, penyimpanan ikan beku harus dilakukan pada suhu yang konstan dan rendah untuk menghindari fluktuasi suhu yang dapat menyebabkan pembentukan kristal es baru dan penurunan kualitas produk. Penggunaan pembungkus kedap udara juga dapat membantu mencegah dehidrasi dan oksidasi selama penyimpanan, menjaga rasa dan tekstur ikan tetap optimal.

Pembekuan cepat menggunakan alat yang disebut *blast freezer*, yang mampu menurunkan suhu ikan dengan sangat cepat. Alat ini biasanya dilengkapi dengan sistem ventilasi yang kuat untuk memastikan aliran udara dingin merata ke seluruh permukaan ikan. Proses ini tidak hanya menjaga kesegaran tetapi juga memperpanjang umur simpan ikan secara signifikan. Di sisi lain, pembekuan konvensional sering dilakukan di dalam freezer rumah tangga atau ruang pendingin komersial, yang meskipun lebih ekonomis, namun tidak seefektif *blast freezing* dalam mempertahankan kualitas ikan (Sian et al., 2023).

5.3.2 Sistem Penyimpanan

a. Cold storage: Manfaat dan Implementasi

Cold storage atau penyimpanan dingin adalah salah satu cara paling efektif untuk menjaga kualitas dan kesegaran ikan dalam jangka waktu lama. Sistem ini menggunakan suhu rendah untuk memperlambat aktivitas mikroorganisme dan enzim yang dapat menyebabkan pembusukan. *Cold storage* dapat berupa ruang pendingin besar yang digunakan untuk menyimpan ikan dalam jumlah besar atau lemari pendingin kecil untuk penyimpanan skala rumah tangga.

Manfaat utama dari *cold storage* adalah kemampuannya untuk mempertahankan kualitas ikan selama periode yang

panjang. Dengan menjaga suhu penyimpanan di bawah 4°C, pertumbuhan bakteri patogen seperti *Salmonella*, *Listeria*, dan *Escherichia coli* dapat ditekan, sehingga risiko kontaminasi berkurang (Natasya & Widawati, 2022). Selain itu, *cold storage* juga membantu mempertahankan tekstur dan rasa ikan dengan mencegah dehidrasi dan oksidasi.

Implementasi *cold storage* memerlukan peralatan yang andal dan pengaturan suhu yang tepat. Suhu penyimpanan harus dipantau secara terus-menerus menggunakan sensor suhu dan sistem alarm untuk memastikan bahwa suhu tetap stabil (Selvnes et al., 2021). Fluktuasi suhu yang signifikan dapat menyebabkan pembusukan cepat dan penurunan kualitas ikan (Natasya & Widawati, 2022). Selain itu, *cold storage* harus dilengkapi dengan sistem ventilasi yang baik untuk menghindari penumpukan kelembaban yang dapat menyebabkan pertumbuhan jamur dan bakteri. *Cold storage* sering kali digunakan dalam kombinasi dengan metode pengawetan lainnya seperti pembekuan dan pengasinan. Misalnya, ikan yang diasinkan kemudian disimpan dalam *cold storage* untuk memperpanjang umur simpan dan menjaga kualitas produk. Ruang *cold storage* juga harus dirancang dengan baik untuk memungkinkan sirkulasi udara yang baik di sekitar produk yang disimpan, sehingga semua bagian ikan tetap dingin secara merata.

b. Blast freezer: Teknologi dan Aplikasinya

Blast freezer adalah perangkat pembekuan cepat yang menggunakan aliran udara dingin berkecepatan tinggi untuk menurunkan suhu ikan dengan cepat. Teknologi ini sangat efektif dalam menjaga kualitas ikan karena mengurangi pembentukan kristal es besar yang dapat merusak struktur sel daging ikan. *Blast freezer* biasanya digunakan dalam industri perikanan skala besar,

tetapi juga tersedia dalam ukuran yang lebih kecil untuk penggunaan skala menengah dan kecil (Sian et al., 2023).

Keuntungan utama dari *blast freezer* adalah kemampuannya untuk membekukan ikan dalam waktu yang sangat singkat, biasanya dalam hitungan jam. Proses ini memastikan bahwa kesegaran, tekstur, dan rasa ikan tetap terjaga. Ikan yang dibekukan dengan *blast freezer* dapat disimpan dalam jangka waktu yang lebih lama tanpa mengalami penurunan kualitas yang signifikan. Implementasi *blast freezer* memerlukan investasi awal yang cukup besar, tetapi keuntungan jangka panjangnya sangat besar. Perangkat ini memerlukan ruang yang cukup untuk pemasangan dan operasinya, serta sumber daya listrik yang memadai. Selain itu, *blast freezer* harus dilengkapi dengan sistem kontrol suhu yang presisi dan sensor untuk memantau proses pembekuan. Penggunaan *blast freezer* juga memerlukan pelatihan khusus bagi operator untuk memastikan bahwa perangkat digunakan dengan benar dan efisien.

Penggunaan *blast freezer* juga memerlukan perawatan rutin untuk memastikan bahwa sistem bekerja dengan baik. Pembersihan dan pemeliharaan alat ini penting untuk mencegah penumpukan es dan menjaga efisiensi operasi. Selain itu, pemantauan suhu secara terus-menerus dan penyesuaian aliran udara diperlukan untuk memastikan bahwa ikan dibekukan secara merata.

c. Penyimpanan Atmosfer Terkendali: Teknik dan Keuntungannya

Penyimpanan atmosfer terkendali (*Controlled Atmosphere Storage*) adalah teknik penyimpanan yang menggunakan pengaturan gas dalam lingkungan penyimpanan untuk memperpanjang umur simpan ikan. Teknik ini melibatkan pengaturan kadar oksigen, karbon dioksida, dan nitrogen dalam

ruang penyimpanan untuk menghambat pertumbuhan mikroorganisme dan aktivitas enzim yang menyebabkan pembusukan (Anagnostopoulos et al., 2023). Teknik ini biasanya digunakan dalam kombinasi dengan pendinginan untuk hasil yang lebih baik. Dengan mengurangi kadar oksigen dan meningkatkan kadar karbon dioksida, pertumbuhan bakteri aerobik dan jamur dapat ditekan, sementara aktivitas enzim yang menyebabkan degradasi protein dan lipid juga berkurang. Penyimpanan atmosfer terkendali juga dapat membantu menjaga warna, tekstur, dan rasa ikan dengan mengurangi oksidasi lipid yang menyebabkan ketengikan.

Keuntungan utama dari penyimpanan atmosfer terkendali adalah kemampuannya untuk memperpanjang umur simpan ikan hingga beberapa minggu tanpa kehilangan kualitas. Teknik ini sangat berguna untuk ikan yang akan diekspor atau dikirim ke pasar yang jauh. Implementasi penyimpanan atmosfer terkendali memerlukan peralatan khusus untuk mengontrol dan memantau komposisi gas dalam ruang penyimpanan. Sensor gas dan sistem kontrol otomatis biasanya digunakan untuk menjaga keseimbangan gas yang optimal. Teknik ini sering digunakan dalam penyimpanan produk-produk premium yang memerlukan perlakuan khusus untuk menjaga kualitas. Misalnya, ikan tuna yang akan diekspor ke pasar internasional sering disimpan dalam atmosfer terkendali untuk menjaga warna merah cerah dan tekstur yang baik. Sistem ini juga dapat digunakan dalam penyimpanan ikan segar di pasar lokal untuk memperpanjang umur simpan tanpa perlu menggunakan bahan pengawet kimia.

5.3.3 Pemantauan dan Pengendalian Kualitas

a. Sistem Pemantauan Suhu

Pemantauan suhu yang efektif sangat penting dalam sistem penyimpanan ikan untuk memastikan bahwa kondisi penyimpanan tetap optimal. Suhu yang tidak stabil atau terlalu tinggi dapat menyebabkan pembusukan dan penurunan kualitas ikan. Oleh karena itu, penggunaan sistem pemantauan suhu yang akurat dan andal sangat diperlukan.

Sistem pemantauan suhu biasanya melibatkan penggunaan sensor suhu yang ditempatkan di berbagai titik dalam ruang penyimpanan. Sensor ini terhubung ke sistem kontrol yang dapat memantau suhu secara real-time dan memberikan peringatan jika terjadi fluktuasi suhu yang signifikan (Prieto-Luna et al., 2023). Selain itu, data suhu dapat direkam dan dianalisis untuk mengidentifikasi pola dan mengambil tindakan korektif jika diperlukan.

Implementasi sistem pemantauan suhu yang baik juga memerlukan kalibrasi sensor secara rutin untuk memastikan akurasi pengukuran. Selain itu, penggunaan sistem cadangan seperti baterai atau generator juga penting untuk memastikan bahwa sistem pemantauan tetap beroperasi selama pemadaman listrik atau gangguan lainnya.

Sistem pemantauan suhu yang canggih juga dapat terintegrasi dengan teknologi IoT (*Internet of Things*) yang memungkinkan pemantauan jarak jauh dan manajemen yang lebih efisien. Penggunaan aplikasi *mobile* atau *dashboard online* dapat membantu manajer gudang untuk memantau kondisi penyimpanan secara *real-time* dari mana saja, memberikan fleksibilitas dan respons yang cepat terhadap masalah yang mungkin muncul (Yusianto et al., 2020).

b. Pengendalian Kualitas Selama Penyimpanan

Pengendalian kualitas selama penyimpanan melibatkan berbagai langkah untuk memastikan bahwa ikan tetap dalam kondisi optimal sepanjang waktu. Ini termasuk pemantauan parameter kualitas air, penggantian air secara berkala, dan penggunaan bahan kimia pengawet jika diperlukan. Selain itu, ikan harus diperiksa secara rutin untuk tanda-tanda pembusukan atau kontaminasi mikroorganisme.

Pengendalian kualitas juga melibatkan penggunaan teknologi pengawetan tambahan seperti penyinaran UV atau ozon untuk membunuh bakteri dan mikroorganisme yang dapat menyebabkan pembusukan. Teknologi ini dapat digunakan secara berkala untuk memastikan bahwa lingkungan penyimpanan tetap higienis dan bebas dari kontaminan.

Selain itu, prosedur sanitasi yang ketat harus diterapkan dalam ruang penyimpanan untuk mencegah kontaminasi silang. Peralatan dan wadah penyimpanan harus dibersihkan dan didesinfeksi secara rutin, dan pekerja harus dilengkapi dengan pelatihan yang memadai tentang praktik sanitasi yang baik. Penggunaan peralatan pelindung diri (PPE) seperti sarung tangan, celemek, dan masker juga penting untuk menjaga kebersihan lingkungan penyimpanan.

Penggunaan teknik-teknik modern seperti HACCP (*Hazard Analysis and Critical Control Points*) dapat membantu dalam mengidentifikasi dan mengendalikan titik-titik kritis dalam proses penyimpanan. Teknik ini melibatkan analisis risiko dan penerapan langkah-langkah pengendalian untuk memastikan bahwa ikan tetap aman dan berkualitas tinggi selama penyimpanan.

c. *Evaluasi Kualitas Produk selama Penyimpanan*

Evaluasi kualitas produk selama penyimpanan melibatkan pengujian rutin untuk memastikan bahwa ikan tetap dalam kondisi yang layak konsumsi. Pengujian ini mencakup analisis fisik, kimia, dan mikrobiologi untuk mendeteksi tanda-tanda pembusukan, kontaminasi, atau penurunan kualitas.

Analisis fisik melibatkan pemeriksaan visual terhadap ikan untuk mendeteksi perubahan warna, tekstur, atau bau yang tidak normal. Selain itu, tes elastisitas dan kelembutan daging juga dapat dilakukan untuk menilai kesegaran ikan. Analisis kimia melibatkan pengujian kadar amonia, histamin, dan zat kimia lain yang dapat menunjukkan pembusukan atau penurunan kualitas. Pengujian ini biasanya dilakukan menggunakan alat laboratorium seperti spektrofotometer atau kromatografi.

Analisis mikrobiologi melibatkan pengambilan sampel ikan dan lingkungan penyimpanan untuk diuji keberadaan bakteri patogen atau mikroorganisme lain yang dapat menyebabkan pembusukan. Pengujian ini biasanya dilakukan di laboratorium mikrobiologi menggunakan teknik kultur atau metode molekuler seperti PCR (*Polymerase Chain Reaction*).

Selain itu, evaluasi kualitas juga dapat melibatkan pengujian sensorik yang dilakukan oleh panel ahli untuk menilai aspek rasa, tekstur, dan aroma ikan. Pengujian sensorik ini sangat penting untuk memastikan bahwa produk yang dihasilkan memenuhi standar kualitas yang diharapkan oleh konsumen. Dengan berbagai teknik evaluasi ini, produsen dapat memastikan bahwa ikan tetap dalam kondisi optimal selama penyimpanan dan siap untuk dipasarkan dengan kualitas terbaik.

5.4 Pemanfaatan Teknologi Tepat Guna untuk Efisiensi dan Limbah

Pemanfaatan teknologi tepat guna dalam penanganan pasca panen ikan sangat penting untuk mengoptimalkan efisiensi operasional dan meminimalkan limbah. Teknologi ini membantu meningkatkan kualitas produk, mengurangi biaya produksi, dan memperpanjang umur simpan ikan. Dalam bab ini, kita akan membahas berbagai teknologi tepat guna yang dapat digunakan dalam proses pemotongan, pembersihan, pengolahan, dan penyimpanan ikan.

5.4.1 Teknologi Pemotongan dan Pembersihan

a. Mesin Pemotong Ikan Otomatis

Mesin pemotong ikan otomatis merupakan inovasi yang signifikan dalam industri perikanan. Mesin ini dirancang untuk melakukan pemotongan dengan presisi tinggi, mengurangi risiko cedera pada pekerja, dan meningkatkan kapasitas produksi. Penggunaan mesin pemotong ikan otomatis memungkinkan pemotongan ikan dilakukan dengan cepat dan efisien, memastikan bahwa setiap potongan ikan memiliki ukuran dan bentuk yang konsisten. Dengan adanya teknologi ini, industri perikanan dapat mengoptimalkan proses produksi, sehingga meningkatkan produktivitas dan efisiensi operasional.

Mesin pemotong ikan otomatis biasanya dilengkapi dengan pisau yang dapat disesuaikan untuk berbagai jenis ikan dan ukuran. Proses pemotongan dimulai dengan memasukkan ikan ke dalam mesin, yang kemudian memotong ikan sesuai dengan pengaturan yang telah ditentukan. Mesin ini juga dilengkapi dengan sensor untuk mendeteksi ketebalan dan bentuk ikan, sehingga pemotongan dapat dilakukan dengan akurasi yang tinggi. Sensor ini memainkan peran penting dalam memastikan bahwa setiap

potongan ikan memiliki ukuran dan bentuk yang seragam, yang sangat penting untuk standar kualitas produk akhir.

Penggunaan mesin pemotong ikan otomatis tidak hanya meningkatkan efisiensi tetapi juga mengurangi pemborosan. Potongan ikan yang seragam memungkinkan pemanfaatan maksimal dari setiap ikan, mengurangi jumlah sisa potongan yang tidak dapat digunakan. Selain itu, mesin ini membantu menjaga kebersihan dan higienitas selama proses pemotongan, karena dapat dilengkapi dengan sistem pembersih otomatis yang memastikan bahwa pisau tetap bersih selama operasi. Sistem pembersih otomatis ini menggunakan aliran air bertekanan tinggi atau larutan sanitasi untuk membersihkan pisau dan bagian lain dari mesin, mengurangi risiko kontaminasi silang dan memastikan bahwa produk tetap higienis.

Penggunaan mesin pemotong ikan otomatis juga dapat mengurangi ketergantungan pada tenaga kerja manual, sehingga mengurangi biaya operasional dan meningkatkan produktivitas. Selain itu, mesin ini dapat dioperasikan dengan pelatihan minimal, sehingga memudahkan integrasi teknologi ini ke dalam proses produksi yang sudah ada. Dengan teknologi ini, industri perikanan dapat memenuhi permintaan pasar yang semakin meningkat akan produk ikan yang berkualitas tinggi dan aman untuk dikonsumsi.

b. Sistem Pembersihan Ikan yang Efisien

Sistem pembersihan ikan yang efisien sangat penting untuk menjaga kualitas dan kebersihan ikan setelah pemotongan. Teknologi modern dalam pembersihan ikan melibatkan penggunaan mesin pembersih otomatis yang dirancang untuk menghilangkan kotoran, lendir, dan darah dari ikan dengan cepat dan efektif. Proses pembersihan yang efisien tidak hanya

meningkatkan kualitas produk akhir tetapi juga memperpanjang umur simpan ikan.

Mesin pembersih ikan otomatis biasanya menggunakan aliran air bertekanan tinggi dan sikat berputar untuk membersihkan permukaan ikan. Beberapa mesin juga dilengkapi dengan sistem penyaringan air untuk memastikan bahwa air yang digunakan tetap bersih dan bebas dari kontaminan. Proses pembersihan otomatis ini mengurangi waktu yang diperlukan untuk membersihkan ikan secara manual, meningkatkan efisiensi operasional. Sistem penyaringan air ini sangat penting untuk memastikan bahwa air yang digunakan dalam proses pembersihan tetap bersih dan bebas dari kontaminan, sehingga mengurangi risiko kontaminasi mikroba pada ikan.

Selain itu, teknologi pembersihan modern juga mencakup penggunaan larutan sanitasi yang aman untuk ikan dan lingkungan. Penggunaan larutan sanitasi membantu membunuh bakteri dan mikroorganisme yang dapat menyebabkan pembusukan, sehingga memperpanjang umur simpan ikan. Mesin pembersih ikan yang dilengkapi dengan sistem sanitasi otomatis memastikan bahwa ikan tetap higienis dan aman untuk dikonsumsi. Sistem ini biasanya menggunakan larutan sanitasi yang disemprotkan secara otomatis selama proses pembersihan, sehingga memastikan bahwa seluruh permukaan ikan terkena larutan tersebut.

Sistem pembersihan yang efisien juga membantu dalam mengurangi pemborosan air dan bahan kimia. Mesin modern dirancang untuk menggunakan air dan larutan sanitasi secara efisien, mengurangi jumlah limbah yang dihasilkan selama proses pembersihan. Selain itu, penggunaan teknologi ini juga dapat mengurangi risiko cedera pada pekerja yang terlibat dalam proses pembersihan manual, sehingga meningkatkan keselamatan kerja.

c. *Pengolahan Awal: Teknik Filleting dan Penyisihan Tulang*

Filleting adalah proses menghilangkan tulang dan kulit dari daging ikan untuk mendapatkan bagian daging yang siap dikonsumsi. Teknik *filleting* yang baik memerlukan keterampilan dan alat yang tepat, seperti pisau fillet yang tajam dan fleksibel. *Filleting* harus dilakukan dengan hati-hati untuk memaksimalkan hasil daging dan meminimalkan pemborosan. Proses *filleting* dimulai dengan memotong di sepanjang tulang belakang ikan, kemudian menggeser pisau di bawah daging untuk memisahkannya dari tulang. Kulit dapat dikupas menggunakan teknik yang tepat untuk memastikan daging tetap utuh dan tidak rusak. *Filleting* yang efisien menghasilkan potongan daging yang rapi dan bebas dari tulang, yang siap untuk proses pengolahan lebih lanjut.

Selain teknik *filleting* manual, penggunaan mesin *fillet* otomatis dapat meningkatkan efisiensi dan konsistensi dalam produksi skala besar. Mesin ini dirancang untuk melakukan *filleting* dengan presisi tinggi, mengurangi risiko cedera pada pekerja, dan meningkatkan kapasitas produksi. Penggunaan mesin *fillet* juga dapat membantu dalam menjaga kebersihan dan higienitas selama proses *filleting*, karena mesin tersebut biasanya dilengkapi dengan sistem pembersih otomatis yang memastikan bahwa alat tetap bersih selama operasi.

Mesin *fillet* otomatis biasanya dilengkapi dengan pisau yang dapat disesuaikan untuk berbagai jenis ikan dan ukuran. Proses *filleting* dimulai dengan memasukkan ikan ke dalam mesin, yang kemudian memotong ikan sesuai dengan pengaturan yang telah ditentukan. Mesin ini juga dilengkapi dengan sensor untuk mendeteksi ketebalan dan bentuk ikan, sehingga *filleting* dapat dilakukan dengan akurasi yang tinggi. Sensor ini memainkan peran penting dalam memastikan bahwa setiap potongan ikan memiliki

ukuran dan bentuk yang seragam, yang sangat penting untuk standar kualitas produk akhir.

Penggunaan mesin *fillet* otomatis tidak hanya meningkatkan efisiensi tetapi juga mengurangi pemborosan. Potongan ikan yang seragam memungkinkan pemanfaatan maksimal dari setiap ikan, mengurangi jumlah sisa potongan yang tidak dapat digunakan. Selain itu, mesin ini membantu menjaga kebersihan dan higienitas selama proses *filleting*, karena dapat dilengkapi dengan sistem pembersih otomatis yang memastikan bahwa pisau tetap bersih selama operasi. Sistem pembersih otomatis ini menggunakan aliran air bertekanan tinggi atau larutan sanitasi untuk membersihkan pisau dan bagian lain dari mesin, mengurangi risiko kontaminasi silang dan memastikan bahwa produk tetap higienis.

5.4.2 Teknologi Pengolahan dan Pengawetan

a. Inovasi dalam Teknologi Filleting

Teknologi *filleting* telah mengalami perkembangan signifikan dengan adanya inovasi mesin fillet otomatis. Mesin ini dirancang untuk memotong ikan dengan presisi tinggi, menghasilkan potongan yang konsisten dan berkualitas. Mesin fillet otomatis dilengkapi dengan sensor yang mendeteksi ketebalan dan bentuk ikan, sehingga pemotongan dapat dilakukan dengan akurasi yang tinggi. Proses ini mengurangi pemborosan dan meningkatkan efisiensi produksi. Dengan adanya teknologi ini, industri perikanan dapat mengoptimalkan proses produksi, sehingga meningkatkan produktivitas dan efisiensi operasional.

Selain itu, mesin fillet otomatis juga dapat dilengkapi dengan fitur tambahan seperti pengupas kulit otomatis dan pemisah tulang. Fitur-fitur ini memastikan bahwa proses *filleting* dilakukan dengan cepat dan efisien, menghasilkan daging ikan yang siap untuk pengolahan lebih lanjut. Inovasi ini tidak hanya

meningkatkan kapasitas produksi tetapi juga membantu menjaga kebersihan dan higienitas selama proses *filleting*.

Mesin fillet otomatis biasanya dilengkapi dengan pisau yang dapat disesuaikan untuk berbagai jenis ikan dan ukuran. Proses *filleting* dimulai dengan memasukkan ikan ke dalam mesin, yang kemudian memotong ikan sesuai dengan pengaturan yang telah ditentukan. Mesin ini juga dilengkapi dengan sensor untuk mendeteksi ketebalan dan bentuk ikan, sehingga *filleting* dapat dilakukan dengan akurasi yang tinggi. Sensor ini memainkan peran penting dalam memastikan bahwa setiap potongan ikan memiliki ukuran dan bentuk yang seragam, yang sangat penting untuk standar kualitas produk akhir.

Penggunaan mesin *fillet* otomatis tidak hanya meningkatkan efisiensi tetapi juga mengurangi pemborosan. Potongan ikan yang seragam memungkinkan pemanfaatan maksimal dari setiap ikan, mengurangi jumlah sisa potongan yang tidak dapat digunakan. Selain itu, mesin ini membantu menjaga kebersihan dan higienitas selama proses *filleting*, karena dapat dilengkapi dengan sistem pembersih otomatis yang memastikan bahwa pisau tetap bersih selama operasi. Sistem pembersih otomatis ini menggunakan aliran air bertekanan tinggi atau larutan sanitasi untuk membersihkan pisau dan bagian lain dari mesin, mengurangi risiko kontaminasi silang dan memastikan bahwa produk tetap higienis.

b. Teknologi Pengasinan dan Pengasapan Modern

Teknologi pengasinan dan pengasapan modern telah membawa perubahan signifikan dalam cara ikan diawetkan dan diproses. Mesin pengasinan otomatis memungkinkan proses penggaraman dilakukan dengan cepat dan efisien, memastikan bahwa setiap ikan diasinkan secara merata. Mesin ini dilengkapi dengan sistem kontrol yang dapat mengatur konsentrasi garam dan

waktu pengasinan, sehingga menghasilkan produk yang konsisten dan berkualitas.

Pengasapan modern menggunakan peralatan canggih yang dapat mengontrol suhu, kelembaban, dan aliran asap dengan presisi tinggi. Peralatan ini memastikan bahwa ikan diasapi secara merata dan aman, mengurangi risiko kontaminasi bakteri dan menjaga kualitas produk. Penggunaan kayu tertentu, seperti oak, hickory, atau alder, juga dapat memberikan variasi rasa yang berbeda pada ikan, sehingga produk akhir dapat disesuaikan dengan preferensi pasar. Proses pengasapan juga memerlukan pemantauan yang hati-hati untuk memastikan bahwa ikan tidak terlalu kering atau terlalu lembab, yang dapat mempengaruhi tekstur dan rasa akhir.

Mesin pengasinan otomatis biasanya dilengkapi dengan sistem penyemprotan atau perendaman yang memastikan bahwa setiap ikan terkena larutan garam secara merata. Sistem ini juga dilengkapi dengan kontrol yang dapat mengatur konsentrasi garam dan waktu pengasinan, sehingga menghasilkan produk yang konsisten dan berkualitas. Penggunaan mesin pengasinan otomatis tidak hanya meningkatkan efisiensi tetapi juga mengurangi pemborosan garam dan waktu yang diperlukan untuk proses penggaraman manual.

Pengasapan modern menggunakan peralatan canggih yang dapat mengontrol suhu, kelembaban, dan aliran asap dengan presisi tinggi. Peralatan ini memastikan bahwa ikan diasapi secara merata dan aman, mengurangi risiko kontaminasi bakteri dan menjaga kualitas produk. Penggunaan kayu tertentu, seperti oak, hickory, atau alder, juga dapat memberikan variasi rasa yang berbeda pada ikan, sehingga produk akhir dapat disesuaikan dengan preferensi pasar. Proses pengasapan juga memerlukan pemantauan yang hati-hati untuk memastikan bahwa ikan tidak

terlalu kering atau terlalu lembab, yang dapat mempengaruhi tekstur dan rasa akhir.

Penggunaan teknologi pengasinan dan pengasapan modern tidak hanya meningkatkan efisiensi produksi tetapi juga membantu menjaga kualitas produk. Dengan teknologi ini, produsen dapat menghasilkan produk ikan yang diasinkan dan diasapi dengan konsistensi yang tinggi, memenuhi standar kualitas yang ketat dan kebutuhan pasar. Teknologi ini juga memungkinkan produsen untuk mengurangi risiko kontaminasi mikroba, sehingga meningkatkan keamanan produk.

c. Teknologi Pembekuan Terbaru

Pembekuan cepat atau *blast freezing* adalah teknologi terbaru dalam pengawetan ikan. Teknologi ini menggunakan aliran udara dingin berkecepatan tinggi untuk menurunkan suhu ikan dengan cepat, biasanya hingga -40°C atau lebih rendah. Pembekuan cepat mengurangi pembentukan kristal es besar yang dapat merusak sel-sel daging ikan, sehingga tekstur dan kualitas ikan tetap terjaga.

Selain *blast freezing*, teknologi pembekuan terbaru juga mencakup penggunaan *freezer cryogenic* yang menggunakan nitrogen cair atau karbon dioksida cair untuk membekukan ikan dalam waktu yang sangat singkat. Teknologi ini menghasilkan produk beku berkualitas tinggi dengan umur simpan yang lebih panjang. *Freezer cryogenic* sangat efisien dan dapat digunakan untuk berbagai jenis ikan, termasuk ikan berlemak yang rentan terhadap oksidasi dan pembusukan.

Teknologi pembekuan terbaru juga mencakup penggunaan sistem pendingin berkecepatan tinggi yang dapat menurunkan suhu ikan dengan cepat, biasanya hingga -40°C atau lebih rendah. Sistem ini menggunakan aliran udara dingin berkecepatan tinggi untuk membekukan ikan dalam waktu yang sangat singkat,

mengurangi pembentukan kristal es besar yang dapat merusak sel-sel daging ikan. Pembekuan cepat ini tidak hanya menjaga kualitas ikan tetapi juga memperpanjang umur simpan produk.

Freezer cryogenic adalah teknologi pembekuan terbaru yang menggunakan nitrogen cair atau karbon dioksida cair untuk membekukan ikan dalam waktu yang sangat singkat. Teknologi ini menghasilkan produk beku berkualitas tinggi dengan umur simpan yang lebih panjang. *Freezer cryogenic* sangat efisien dan dapat digunakan untuk berbagai jenis ikan, termasuk ikan berlemak yang rentan terhadap oksidasi dan pembusukan.

5.4.3 Teknologi Penyimpanan

a. *Sistem Cold storage*

Cold storage atau penyimpanan dingin adalah teknologi yang sangat penting dalam menjaga kualitas dan kesegaran ikan. Sistem *cold storage* canggih dilengkapi dengan kontrol suhu dan kelembaban yang presisi, memastikan bahwa ikan disimpan dalam kondisi optimal. Sensor suhu yang terpasang di berbagai titik dalam ruang penyimpanan memantau suhu secara real-time, memberikan peringatan jika terjadi fluktuasi suhu yang signifikan. *Cold storage* juga dilengkapi dengan sistem ventilasi yang baik untuk menghindari penumpukan kelembaban yang dapat menyebabkan pertumbuhan jamur dan bakteri. Beberapa *cold storage* menggunakan teknologi IoT (*Internet of Things*) untuk memantau dan mengelola kondisi penyimpanan dari jarak jauh, memberikan fleksibilitas dan respons cepat terhadap masalah yang mungkin muncul.

Sistem *cold storage* canggih biasanya menggunakan *refrigerant* modern yang lebih efisien dan ramah lingkungan. *Refrigerant* ini memiliki titik didih yang rendah, sehingga memungkinkan penurunan suhu yang cepat dan stabil. Selain itu,

cold storage canggih juga dilengkapi dengan sistem pengatur kelembaban yang memastikan bahwa kelembaban dalam ruang penyimpanan tetap dalam batas yang optimal, menghindari kondensasi yang dapat menyebabkan pertumbuhan jamur dan bakteri. Penggunaan teknologi IoT dalam *cold storage* memungkinkan pemantauan kondisi penyimpanan secara *real-time* dari jarak jauh. Sensor yang terhubung dengan internet mengirimkan data suhu, kelembaban, dan parameter lainnya ke sistem kontrol pusat. Data ini dapat diakses melalui aplikasi *mobile* atau *dashboard online*, memberikan manajer gudang fleksibilitas untuk memantau dan mengelola kondisi penyimpanan dari mana saja. Selain itu, sistem ini juga dapat memberikan peringatan jika ada perubahan kondisi yang signifikan, memungkinkan tindakan korektif dilakukan dengan cepat.

b. Blast freezer Berteknologi Tinggi

Blast freezer adalah perangkat pembekuan cepat yang menggunakan aliran udara dingin berkecepatan tinggi untuk menurunkan suhu ikan dengan cepat. Teknologi ini sangat efektif dalam menjaga kualitas ikan karena mengurangi pembentukan kristal es besar yang dapat merusak struktur sel daging ikan. *Blast freezer* biasanya digunakan dalam industri perikanan skala besar, tetapi juga tersedia dalam ukuran yang lebih kecil untuk penggunaan skala menengah dan kecil. Keuntungan utama dari *blast freezer* adalah kemampuannya untuk membekukan ikan dalam waktu yang sangat singkat, biasanya dalam hitungan jam. Proses ini memastikan bahwa kesegaran, tekstur, dan rasa ikan tetap terjaga. Ikan yang dibekukan dengan *blast freezer* dapat disimpan dalam jangka waktu yang lebih lama tanpa mengalami penurunan kualitas yang signifikan.

Implementasi *blast freezer* memerlukan investasi awal yang cukup besar, tetapi keuntungan jangka panjangnya sangat besar. Perangkat ini memerlukan ruang yang cukup untuk pemasangan dan operasinya, serta sumber daya listrik yang memadai. Selain itu, *blast freezer* harus dilengkapi dengan sistem kontrol suhu yang presisi dan sensor untuk memantau proses pembekuan. Penggunaan *blast freezer* juga memerlukan pelatihan khusus bagi operator untuk memastikan bahwa perangkat digunakan dengan benar dan efisien. Penggunaan *blast freezer* juga memerlukan perawatan rutin untuk memastikan bahwa sistem bekerja dengan baik. Pembersihan dan pemeliharaan alat ini penting untuk mencegah penumpukan es dan menjaga efisiensi operasi. Selain itu, pemantauan suhu secara terus-menerus dan penyesuaian aliran udara diperlukan untuk memastikan bahwa ikan dibekukan secara merata.

c. Sistem Penyimpanan Atmosfer Terkendali Berbasis IoT

Penyimpanan atmosfer terkendali (Controlled Atmosphere Storage) adalah teknik penyimpanan yang menggunakan pengaturan gas dalam lingkungan penyimpanan untuk memperpanjang umur simpan ikan. Teknik ini melibatkan pengaturan kadar oksigen, karbon dioksida, dan nitrogen dalam ruang penyimpanan untuk menghambat pertumbuhan mikroorganisme dan aktivitas enzim yang menyebabkan pembusukan. Sistem penyimpanan atmosfer terkendali berbasis IoT memungkinkan pengendalian dan pemantauan kondisi penyimpanan secara real-time. Sensor yang terhubung dengan internet memantau komposisi gas, suhu, dan kelembaban dalam ruang penyimpanan. Data ini dikirimkan ke sistem kontrol pusat yang dapat mengambil tindakan otomatis jika ada perubahan yang signifikan, seperti mengatur kembali komposisi gas atau menyesuaikan suhu.

Teknologi berbasis IoT ini memberikan fleksibilitas dan kontrol yang lebih baik, memungkinkan manajer gudang untuk memantau kondisi penyimpanan dari mana saja menggunakan perangkat mobile atau komputer. Sistem ini juga dapat memberikan laporan dan analisis data yang membantu dalam pengambilan keputusan yang lebih baik dan proaktif. Sistem penyimpanan atmosfer terkendali biasanya menggunakan generator gas untuk mengatur komposisi gas dalam ruang penyimpanan. Generator ini dapat menghasilkan gas seperti nitrogen atau karbon dioksida dan menginjeksikannya ke dalam ruang penyimpanan untuk mencapai komposisi gas yang diinginkan. Sensor yang terpasang di dalam ruang penyimpanan memantau komposisi gas secara terus-menerus dan mengirimkan data ke sistem kontrol pusat. Jika ada perubahan dalam komposisi gas, sistem kontrol dapat mengatur kembali injeksi gas untuk memastikan bahwa kondisi penyimpanan tetap optimal.

Selain itu, sistem penyimpanan atmosfer terkendali juga dilengkapi dengan sistem kontrol suhu dan kelembaban yang presisi. Sensor suhu dan kelembaban yang terpasang di dalam ruang penyimpanan memantau kondisi secara real-time dan mengirimkan data ke sistem kontrol pusat. Sistem ini dapat menyesuaikan suhu dan kelembaban secara otomatis untuk memastikan bahwa ikan disimpan dalam kondisi optimal. Dengan teknologi ini, produsen dapat memperpanjang umur simpan ikan dan menjaga kualitas produk, sehingga memenuhi standar kualitas yang ketat dan kebutuhan pasar.

5.4.4 Pengelolaan Limbah dan Efisiensi

a. Teknik Pengelolaan Limbah Padat dan Cair

Pengelolaan limbah padat dan cair dalam industri perikanan sangat penting untuk menjaga lingkungan dan mematuhi peraturan yang berlaku. Teknologi modern memungkinkan pengelolaan limbah yang lebih efisien dan ramah lingkungan. Limbah padat seperti sisa potongan ikan dan kulit dapat diolah menjadi produk bernilai tambah seperti tepung ikan atau bahan baku untuk industri lain. Teknik pengelolaan limbah cair melibatkan penggunaan sistem pengolahan air limbah yang dirancang untuk menghilangkan kontaminan sebelum air dibuang ke lingkungan. Sistem ini biasanya menggunakan kombinasi proses fisik, kimia, dan biologis untuk mengolah air limbah. Penggunaan teknologi seperti biofilter dan reaktor membran dapat meningkatkan efisiensi pengolahan dan mengurangi dampak lingkungan.

Pengelolaan limbah padat biasanya melibatkan pengumpulan, pengangkutan, dan pengolahan limbah di fasilitas yang sesuai. Limbah padat dapat diolah menjadi produk bernilai tambah seperti tepung ikan atau bahan baku untuk industri lain. Proses pengolahan ini melibatkan pemisahan bahan organik dari bahan non-organik, pengeringan, dan penggilingan untuk menghasilkan produk akhir yang siap digunakan. Penggunaan teknologi modern seperti mesin penggiling dan pengering efisien dapat meningkatkan efisiensi pengolahan limbah padat dan mengurangi jumlah limbah yang dibuang ke lingkungan.

Pengelolaan limbah cair melibatkan penggunaan sistem pengolahan air limbah yang dirancang untuk menghilangkan kontaminan sebelum air dibuang ke lingkungan. Sistem ini biasanya menggunakan kombinasi proses fisik, kimia, dan biologis untuk mengolah air limbah. Proses fisik melibatkan penyaringan dan sedimentasi untuk menghilangkan partikel padat, sementara

proses kimia menggunakan bahan kimia untuk mengendapkan kontaminan yang terlarut. Proses biologis melibatkan penggunaan mikroorganisme untuk menguraikan bahan organik dalam air limbah, menghasilkan air yang lebih bersih dan aman untuk dibuang.

Penggunaan teknologi seperti biofilter dan reaktor membran dapat meningkatkan efisiensi pengolahan limbah cair dan mengurangi dampak lingkungan. Biofilter menggunakan mikroorganisme yang melekat pada media filter untuk menguraikan bahan organik dalam air limbah, sementara reaktor membran menggunakan membran semi-permeabel untuk memisahkan kontaminan dari air. Teknologi ini sangat efisien dan dapat menghasilkan air limbah yang bersih dan aman untuk dibuang atau digunakan kembali.

b. Pemanfaatan Limbah Ikan untuk Produk Tambahan

Limbah ikan seperti tulang, kulit, dan sirip dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan produk bernilai tambah seperti gelatin, kolagen, dan minyak ikan. Teknologi ekstraksi modern memungkinkan pemanfaatan limbah ikan secara efisien, mengurangi limbah yang dibuang ke lingkungan dan meningkatkan nilai ekonomi produk perikanan. Proses ekstraksi kolagen dari kulit ikan, misalnya, melibatkan penggunaan enzim dan larutan asam untuk memisahkan kolagen dari jaringan ikat. Kolagen yang dihasilkan dapat digunakan dalam industri makanan, kosmetik, dan farmasi. Selain itu, minyak ikan yang diekstraksi dari limbah ikan kaya akan asam lemak omega-3 yang bermanfaat bagi kesehatan manusia.

Proses ekstraksi kolagen biasanya melibatkan beberapa tahap, termasuk perendaman kulit ikan dalam larutan asam untuk melunakkan jaringan ikat, penggilingan untuk memisahkan

kolagen dari jaringan lain, dan pemurnian untuk menghilangkan kotoran. Teknologi modern memungkinkan proses ini dilakukan dengan efisiensi tinggi, menghasilkan kolagen berkualitas tinggi yang dapat digunakan dalam berbagai aplikasi industri. Kolagen yang dihasilkan dapat diolah lebih lanjut menjadi gelatin atau digunakan dalam produk makanan, kosmetik, dan farmasi.

Minyak ikan diekstraksi dari limbah ikan menggunakan teknologi seperti ekstraksi pelarut atau pengepresan mekanis. Proses ini melibatkan pemisahan minyak dari jaringan ikan dan pemurnian untuk menghilangkan kotoran. Minyak ikan yang dihasilkan kaya akan asam lemak omega-3, yang bermanfaat bagi kesehatan manusia. Minyak ini dapat digunakan dalam suplemen makanan, produk farmasi, dan makanan hewan.

c. Strategi untuk Mengurangi Limbah dalam Proses Penanganan Pasca Panen

Mengurangi limbah dalam proses penanganan pasca panen dapat dicapai melalui berbagai strategi, termasuk penggunaan teknologi efisien, pengelolaan yang baik, dan pemanfaatan limbah. Teknologi modern seperti mesin pemotong otomatis dan sistem pembersih efisien dapat mengurangi jumlah limbah yang dihasilkan selama proses produksi. Selain itu, penerapan praktik pengelolaan yang baik seperti pemisahan limbah di sumber, penggunaan kembali bahan yang masih dapat dimanfaatkan, dan daur ulang dapat membantu mengurangi jumlah limbah yang dibuang. Program pelatihan dan kesadaran bagi pekerja juga penting untuk memastikan bahwa limbah dikelola dengan cara yang benar dan efisien.

Pemisahan limbah di sumber melibatkan pengumpulan dan pemisahan limbah organik dan anorganik selama proses produksi. Limbah organik seperti sisa potongan ikan dan kulit dapat diolah

menjadi produk bernilai tambah, sementara limbah anorganik seperti plastik dan logam dapat didaur ulang atau dibuang dengan cara yang aman. Penggunaan kembali bahan yang masih dapat dimanfaatkan juga dapat mengurangi jumlah limbah yang dibuang. Misalnya, sisa potongan ikan dapat diolah menjadi tepung ikan atau bahan baku untuk produk lain.

Daur ulang adalah strategi penting untuk mengurangi limbah dalam proses penanganan pasca panen. Limbah anorganik seperti plastik dan logam dapat didaur ulang menjadi produk baru, mengurangi kebutuhan akan bahan baku baru dan mengurangi dampak lingkungan. Program pelatihan dan kesadaran bagi pekerja juga penting untuk memastikan bahwa limbah dikelola dengan cara yang benar dan efisien. Pekerja harus dilatih untuk memisahkan limbah dengan benar, menggunakan teknologi pengelolaan limbah dengan efisien, dan mematuhi praktik pengelolaan limbah yang baik.

5.5 *Critical Control Point (CCP)* dalam Proses Pembekuan Ikan

Penerapan *Critical Control Point (CCP)* dalam proses pembekuan ikan sangat penting untuk memastikan bahwa produk yang dihasilkan aman dan berkualitas tinggi. Sistem CCP digunakan untuk mengidentifikasi dan mengendalikan titik-titik kritis dalam proses produksi di mana potensi bahaya terhadap keamanan pangan dapat dicegah, dihilangkan, atau dikurangi ke tingkat yang dapat diterima. Dalam industri perikanan, terutama yang berfokus pada produk perikanan karang, penanganan yang tepat mulai dari penangkapan hingga penyimpanan sangat penting untuk menjaga kualitas dan keamanan produk. Proses pembekuan, sebagai salah satu metode pengawetan utama, memerlukan perhatian khusus untuk memastikan bahwa ikan tetap dalam kondisi optimal hingga

sampai ke tangan konsumen. Dalam bab ini, kita akan membahas secara mendalam bagaimana identifikasi tahapan CCP dilakukan, penerapan Hazard Analysis and Critical Control Points (HACCP) dalam proses pembekuan, serta menyajikan beberapa studi kasus di industri perikanan karang untuk memberikan gambaran nyata tentang implementasi dan manfaat dari sistem ini.

Proses pembekuan ikan memerlukan kontrol yang ketat pada setiap tahapannya, mulai dari penerimaan bahan baku, proses pembekuan itu sendiri, hingga penyimpanan dan distribusi. Setiap langkah ini memiliki potensi bahaya yang berbeda-beda yang harus diidentifikasi dan dikendalikan. Misalnya, selama penerimaan bahan baku, ikan harus diperiksa untuk memastikan bahwa tidak ada kontaminasi mikroba atau fisik yang dapat membahayakan konsumen. Proses pembekuan harus dilakukan dengan cepat dan pada suhu yang tepat untuk mencegah pertumbuhan mikroorganisme dan pembentukan kristal es yang dapat merusak tekstur ikan. Penyimpanan juga harus dilakukan pada suhu yang konstan untuk menjaga kualitas dan kesegaran ikan. Sistem CCP membantu memastikan bahwa setiap langkah ini diawasi dengan baik dan bahwa tindakan korektif dapat diambil segera jika terjadi penyimpangan. Dengan demikian, penerapan CCP tidak hanya melindungi konsumen, tetapi juga membantu produsen mempertahankan standar kualitas tinggi yang diperlukan untuk bersaing di pasar global.

Penerapan HACCP dalam proses pembekuan ikan tidak hanya penting untuk menjaga kualitas dan keamanan produk, tetapi juga untuk memenuhi persyaratan regulasi dan standar internasional. Banyak pasar ekspor utama, seperti Uni Eropa dan Amerika Serikat, mewajibkan penerapan HACCP sebagai prasyarat untuk memasuki pasar mereka. Oleh karena itu, perusahaan perikanan yang ingin bersaing di pasar global harus memastikan bahwa mereka memiliki

sistem HACCP yang efektif dan terdokumentasi dengan baik. Selain itu, penerapan HACCP dapat membantu perusahaan meningkatkan efisiensi operasional, mengurangi limbah, dan meningkatkan kepuasan pelanggan. Dengan mengidentifikasi dan mengendalikan potensi bahaya pada setiap tahap produksi, perusahaan dapat mengurangi risiko penarikan produk, menjaga reputasi mereka, dan meningkatkan kepercayaan konsumen. Implementasi HACCP juga menunjukkan komitmen perusahaan terhadap praktik produksi yang bertanggung jawab dan berkelanjutan, yang semakin dihargai oleh konsumen dan mitra bisnis.

5.5.1 Identifikasi Tahapan CCP

a. Pengendalian Kualitas Bahan Baku

Tahap pertama dalam identifikasi CCP adalah pengendalian kualitas bahan baku. Ikan yang akan dibekukan harus memenuhi standar kualitas tertentu untuk memastikan bahwa produk akhir aman dan berkualitas tinggi. Pengendalian kualitas bahan baku meliputi pemeriksaan fisik, kimia, dan mikrobiologi untuk mendeteksi adanya kontaminan atau kerusakan. Pemeriksaan ini dilakukan pada saat ikan diterima dari nelayan atau pemasok sebelum masuk ke tahap produksi lebih lanjut.

Pemeriksaan fisik melibatkan pengecekan kondisi ikan, termasuk kesegaran, warna, bau, dan tekstur. Ikan segar memiliki bau yang khas, tekstur yang elastis, dan warna cerah. Pemeriksaan ini juga mencakup pengecekan adanya luka atau cacat pada ikan yang dapat mempengaruhi kualitas produk akhir. Kesegaran ikan merupakan indikator utama kualitas bahan baku, dan ikan yang segar menunjukkan tanda-tanda yang jelas seperti mata yang jernih, insang yang merah cerah, dan tubuh yang tidak lembek. Pengecekan fisik ini penting untuk memastikan bahwa ikan yang akan dibekukan dalam kondisi terbaiknya, sehingga hasil akhirnya

juga optimal. Dalam beberapa kasus, pemeriksaan fisik juga dapat mencakup pengujian elastisitas daging ikan untuk memastikan bahwa teksturnya tetap ideal untuk proses pembekuan dan konsumsi akhir.

Pemeriksaan kimia melibatkan pengujian kadar histamin, amonia, dan senyawa kimia lainnya yang dapat menunjukkan degradasi atau pembusukan ikan. Histamin adalah senyawa yang terbentuk akibat dekomposisi asam amino histidin dalam ikan, terutama pada ikan berlemak seperti tuna dan makarel. Kadar histamin yang tinggi dapat menyebabkan keracunan makanan, sehingga penting untuk memantau kadar histamin dalam ikan sebelum pembekuan. Pengujian kadar histamin biasanya dilakukan menggunakan teknik spektrofotometri atau kromatografi, yang memungkinkan deteksi histamin pada tingkat yang sangat rendah. Pengujian kimia ini juga mencakup analisis terhadap residu pestisida atau bahan kimia lainnya yang mungkin terpapar pada ikan selama proses penangkapan atau penanganan. Hal ini penting untuk memastikan bahwa ikan yang dibekukan bebas dari bahan kimia berbahaya yang dapat membahayakan kesehatan konsumen.

Pemeriksaan mikrobiologi melibatkan pengambilan sampel ikan untuk diuji keberadaan bakteri patogen seperti Salmonella, Listeria, dan Escherichia coli. Pengujian ini biasanya dilakukan di laboratorium mikrobiologi menggunakan teknik kultur atau metode molekuler seperti PCR (*Polymerase Chain Reaction*). Hasil pengujian mikrobiologi membantu memastikan bahwa ikan bebas dari kontaminasi bakteri yang dapat membahayakan konsumen. Teknik PCR, misalnya, memungkinkan deteksi cepat dan akurat terhadap mikroorganisme patogen, sehingga tindakan korektif dapat segera diambil jika ditemukan kontaminasi. Pemeriksaan mikrobiologi ini sangat penting untuk memastikan bahwa ikan aman untuk dikonsumsi dan tidak mengandung mikroorganisme yang dapat menyebabkan penyakit. Selain itu, hasil pemeriksaan

mikrobiologi dapat digunakan untuk mengidentifikasi titik-titik kritis dalam rantai pasokan di mana kontaminasi mungkin terjadi, sehingga langkah-langkah pencegahan dapat diambil untuk mengurangi risiko tersebut.

b. Pengendalian Proses Pembekuan

Tahap selanjutnya dalam identifikasi CCP adalah pengendalian proses pembekuan. Proses pembekuan harus dilakukan dengan cepat dan efisien untuk mencegah pertumbuhan mikroorganisme dan menjaga kualitas ikan. *Blast freezing* adalah metode yang paling umum digunakan dalam industri perikanan karena kemampuannya untuk membekukan ikan dengan cepat dan efisien. *Blast freezing* melibatkan penggunaan aliran udara dingin berkecepatan tinggi untuk menurunkan suhu ikan dengan cepat, biasanya hingga -40°C atau lebih rendah. Proses ini memastikan bahwa ikan dibekukan dalam waktu singkat, mengurangi pembentukan kristal es besar yang dapat merusak struktur sel daging ikan. Selain itu, pembekuan cepat juga membantu mempertahankan tekstur dan rasa ikan. Teknik ini memungkinkan pembentukan kristal es kecil yang tidak merusak jaringan sel, sehingga kualitas daging ikan tetap terjaga. Proses *blast freezing* juga penting untuk mencegah dehidrasi pada ikan, yang dapat menyebabkan penurunan berat dan kualitas produk akhir. Dengan menurunkan suhu dengan cepat, *blast freezing* memastikan bahwa air dalam jaringan ikan membeku dalam bentuk kristal es yang sangat kecil, sehingga tidak merusak struktur sel dan mempertahankan tekstur asli ikan.

Pengendalian proses pembekuan melibatkan pemantauan suhu dan waktu pembekuan secara terus-menerus. Sensor suhu yang terpasang di berbagai titik dalam *blast freezer* memantau suhu secara *real-time*, memberikan peringatan jika terjadi fluktuasi suhu yang signifikan. Data suhu ini direkam dan dianalisis untuk

memastikan bahwa proses pembekuan berjalan sesuai dengan standar yang ditetapkan. Pemantauan suhu yang ketat sangat penting karena fluktuasi suhu dapat menyebabkan perubahan kualitas ikan, seperti dehidrasi atau pembentukan kristal es besar. Selain itu, pemantauan suhu yang akurat juga membantu dalam mendeteksi masalah teknis pada *blast freezer*, sehingga dapat segera diatasi sebelum mempengaruhi kualitas produk.

Pengendalian waktu pembekuan juga penting untuk memastikan bahwa ikan dibekukan dalam waktu yang tepat. Waktu pembekuan yang terlalu lama dapat menyebabkan pembentukan kristal es besar, sementara waktu pembekuan yang terlalu singkat dapat mengakibatkan ikan tidak beku sepenuhnya. Oleh karena itu, penting untuk mengatur waktu pembekuan dengan tepat untuk memastikan bahwa ikan dibekukan dengan cepat dan efisien. Penggunaan timer otomatis dan sistem kontrol komputerisasi dapat membantu mengoptimalkan proses ini. Timer otomatis memastikan bahwa ikan dibekukan sesuai dengan durasi yang telah ditentukan, sementara sistem kontrol komputerisasi dapat menyesuaikan parameter pembekuan berdasarkan jenis dan ukuran ikan, sehingga hasil yang optimal dapat dicapai. Selain itu, pemantauan dan pencatatan yang baik juga memungkinkan pelacakan sejarah pembekuan setiap batch ikan, yang sangat berguna untuk tujuan audit dan kepatuhan regulasi.

c. Pengendalian Penyimpanan Ikan Beku

Setelah proses pembekuan selesai, ikan harus disimpan dalam kondisi yang tepat untuk menjaga kualitas dan keamanan produk. Penyimpanan ikan beku memerlukan suhu yang konstan dan rendah, biasanya sekitar -18°C hingga -25°C . Fluktuasi suhu selama penyimpanan dapat menyebabkan pembentukan kristal es baru dan penurunan kualitas ikan. Oleh karena itu, penting untuk memiliki sistem penyimpanan yang andal dan terawat dengan baik.

Pengendalian penyimpanan ikan beku melibatkan pemantauan suhu penyimpanan secara terus-menerus. Sensor suhu yang terpasang di dalam ruang penyimpanan memantau suhu secara real-time, memberikan peringatan jika terjadi fluktuasi suhu yang signifikan (Prieto-Luna et al., 2023; Yusianto et al., 2020). Data suhu ini direkam dan dianalisis untuk memastikan bahwa kondisi penyimpanan tetap optimal. Sistem pemantauan suhu yang baik membantu mendeteksi masalah lebih awal dan memungkinkan tindakan korektif diambil segera. Selain itu, rekaman data suhu ini juga penting untuk tujuan audit dan verifikasi, memastikan bahwa perusahaan mematuhi standar penyimpanan yang ditetapkan.

Selain suhu, kelembaban dalam ruang penyimpanan juga harus dikendalikan. Kelembaban yang terlalu tinggi dapat menyebabkan pembentukan es di permukaan ikan, sementara kelembaban yang terlalu rendah dapat menyebabkan dehidrasi ikan. Sistem ventilasi yang baik dan penggunaan bahan isolasi yang tepat dapat membantu menjaga kelembaban dalam ruang penyimpanan tetap optimal (Cao et al., 2023). Penggunaan *dehumidifier* atau sistem pengendalian kelembaban otomatis juga dapat membantu menjaga kondisi penyimpanan yang ideal. Pengaturan kelembaban yang tepat penting untuk mencegah kerusakan pada ikan yang disebabkan oleh perubahan kelembaban, seperti pembentukan es atau pengeringan berlebihan.

Pengendalian kebersihan juga penting dalam penyimpanan ikan beku. Ruang penyimpanan harus dijaga kebersihannya untuk mencegah kontaminasi mikroorganisme. Pembersihan dan sanitasi rutin harus dilakukan untuk memastikan bahwa lingkungan penyimpanan tetap higienis dan bebas dari kontaminan. Prosedur sanitasi yang ketat, termasuk pembersihan dinding, lantai, dan rak penyimpanan, membantu mencegah pertumbuhan mikroorganisme yang dapat merusak ikan. Selain itu, pekerja yang

bertugas di ruang penyimpanan harus dilengkapi dengan pelatihan sanitasi yang memadai untuk memastikan bahwa mereka mengikuti praktik kebersihan yang baik. Penggunaan alat pelindung diri (APD) seperti sarung tangan dan masker juga penting untuk menjaga kebersihan dan mencegah kontaminasi silang.

5.5.2 Penerapan HACCP dalam Proses Pembekuan

a. Prinsip-Prinsip HACCP

Hazard Analysis and Critical Control Points (HACCP) adalah sistem manajemen yang digunakan untuk mengidentifikasi, mengevaluasi, dan mengendalikan bahaya yang signifikan bagi keamanan pangan (Garridogamarro et al., 2023). HACCP terdiri dari tujuh prinsip utama yang diterapkan dalam proses produksi pangan untuk memastikan bahwa produk yang dihasilkan aman dan berkualitas tinggi.

- 1) Analisis Bahaya: Identifikasi dan evaluasi bahaya potensial yang dapat mempengaruhi keamanan pangan, termasuk bahaya fisik, kimia, dan mikrobiologi (Lupattelli et al., 2023). Dalam konteks pembekuan ikan, bahaya fisik dapat berupa serpihan es atau benda asing, bahaya kimia meliputi residu pestisida atau bahan kimia pengawet, sementara bahaya mikrobiologi mencakup bakteri patogen seperti *Salmonella* dan *Listeria*.
- 2) Penentuan CCP: Menentukan titik-titik kritis dalam proses produksi di mana pengendalian dapat diterapkan untuk mencegah, menghilangkan, atau mengurangi bahaya ke tingkat yang dapat diterima (Duan et al., 2023). Misalnya, dalam proses pembekuan ikan, CCP mungkin meliputi pemantauan suhu selama pembekuan dan penyimpanan.

- 3) Penetapan Batas Kritis: Menetapkan batas kritis untuk setiap CCP yang harus dipenuhi untuk memastikan bahwa bahaya terkendali (Duan et al., 2023). Batas kritis ini mungkin mencakup suhu maksimum yang diizinkan selama penyimpanan atau kadar histamin yang dapat diterima dalam ikan. Penetapan batas kritis ini penting untuk menyediakan panduan yang jelas mengenai kondisi apa yang harus dipenuhi untuk memastikan keamanan pangan. Setiap CCP harus memiliki batas yang spesifik dan terukur untuk memudahkan pemantauan dan tindakan korektif.
- 4) Pemantauan CCP: Mengembangkan prosedur pemantauan untuk setiap CCP untuk memastikan bahwa batas kritis dipatuhi (Atambayeva et al., 2022). Prosedur pemantauan ini mungkin mencakup penggunaan sensor suhu dan tes laboratorium untuk mengukur kadar histamin dalam ikan. Pemantauan yang efektif memerlukan instrumen yang akurat dan personel yang terlatih untuk melakukan pengukuran dan pencatatan. Data yang diperoleh dari pemantauan ini harus dianalisis secara rutin untuk mendeteksi potensi masalah sebelum terjadi kegagalan kontrol.
- 5) Tindakan Korektif: Menetapkan tindakan yang harus diambil jika pemantauan menunjukkan bahwa batas kritis tidak terpenuhi. Tindakan korektif ini mungkin mencakup penyesuaian suhu, penggantian bahan baku yang tidak memenuhi standar, atau pembersihan dan sanitasi ruang penyimpanan. Tindakan korektif harus dirancang untuk segera mengatasi penyimpangan dari batas kritis dan mencegah produk yang tidak aman memasuki pasar. Dokumentasi tindakan korektif juga penting untuk menunjukkan kepatuhan terhadap sistem HACCP (Duan et al., 2023).

- 6) Verifikasi: Melakukan verifikasi untuk memastikan bahwa sistem HACCP berfungsi dengan efektif dan bahwa semua bahaya terkendali. Verifikasi ini mungkin mencakup pengujian produk akhir, audit internal, dan tinjauan dokumentasi untuk memastikan bahwa semua prosedur diikuti dengan benar. Proses verifikasi harus dilakukan secara berkala dan mencakup berbagai metode untuk memastikan bahwa sistem HACCP tetap efektif dalam mengendalikan bahaya.
- 7) Penyimpanan Dokumentasi: Menyimpan catatan yang lengkap dan akurat mengenai semua kegiatan yang berkaitan dengan HACCP, termasuk analisis bahaya, pemantauan, tindakan korektif, dan verifikasi. Dokumentasi yang lengkap dan akurat membantu dalam pelacakan masalah dan memastikan bahwa sistem HACCP berfungsi dengan efektif (Hu et al., 2022). Dokumentasi ini juga penting untuk keperluan audit eksternal dan untuk menunjukkan bahwa perusahaan mematuhi regulasi keamanan pangan yang berlaku. Penyimpanan catatan yang baik memungkinkan identifikasi tren dan analisis data yang dapat digunakan untuk meningkatkan sistem HACCP secara berkelanjutan.

b. Penerapan HACCP dalam Proses Pembekuan Ikan

Penerapan HACCP dalam proses pembekuan ikan dimulai dengan analisis bahaya untuk mengidentifikasi potensi bahaya yang dapat mempengaruhi keamanan dan kualitas ikan (Hwang et al., 2011). Bahaya potensial dalam proses pembekuan ikan termasuk kontaminasi mikroorganisme, residu kimia, dan bahaya fisik seperti serpihan es atau benda asing. Analisis bahaya ini melibatkan tinjauan menyeluruh terhadap seluruh proses produksi untuk mengidentifikasi titik-titik di mana bahaya mungkin terjadi

dan mengevaluasi dampak potensial dari setiap bahaya (Tzouros & Arvanitoyannis, 2000).

Setelah bahaya diidentifikasi, langkah selanjutnya adalah menentukan CCP dalam proses pembekuan ikan. CCP dalam proses pembekuan ikan meliputi pengendalian kualitas bahan baku, proses pembekuan, dan penyimpanan ikan beku. Setiap CCP harus memiliki batas kritis yang ditetapkan berdasarkan standar keamanan pangan yang berlaku (Duan et al., 2023). Penentuan CCP melibatkan evaluasi setiap tahap dalam proses produksi untuk menentukan di mana pengendalian paling efektif dapat dilakukan untuk mencegah atau mengurangi bahaya.

Pemantauan CCP melibatkan pengumpulan data secara terus-menerus untuk memastikan bahwa batas kritis dipatuhi (Tzouros & Arvanitoyannis, 2000). Misalnya, pemantauan suhu selama proses pembekuan dan penyimpanan ikan beku dilakukan menggunakan sensor suhu yang terpasang di berbagai titik. Data suhu ini direkam dan dianalisis untuk memastikan bahwa suhu tetap dalam batas kritis yang ditetapkan. Pemantauan yang efektif memerlukan sistem yang dapat memberikan data real-time dan alarm yang dapat memberitahukan jika ada penyimpangan dari batas kritis, sehingga tindakan korektif dapat segera diambil.

Jika pemantauan menunjukkan bahwa batas kritis tidak terpenuhi, tindakan korektif harus segera diambil untuk mengatasi masalah tersebut. Tindakan korektif dapat mencakup penyesuaian suhu, penggantian bahan baku yang tidak memenuhi standar, atau pembersihan dan sanitasi ruang penyimpanan. Tindakan korektif harus didokumentasikan dengan baik untuk memastikan bahwa masalah diatasi dengan efektif dan tidak terjadi lagi di masa depan. Prosedur tindakan korektif harus dirancang untuk meminimalkan dampak terhadap produksi dan memastikan bahwa produk yang tidak aman tidak mencapai konsumen.

Verifikasi dilakukan untuk memastikan bahwa sistem HACCP berfungsi dengan efektif dan bahwa semua bahaya terkendali. Verifikasi melibatkan pengujian produk akhir, audit internal, dan tinjauan dokumentasi untuk memastikan bahwa semua prosedur diikuti dengan benar (Lupin et al., 2010). Pengujian produk akhir mungkin mencakup analisis mikrobiologi untuk memastikan bahwa ikan bebas dari kontaminasi bakteri, serta analisis kimia untuk memastikan bahwa kadar histamin dan bahan kimia lainnya berada dalam batas yang dapat diterima. Verifikasi harus dilakukan secara rutin untuk memastikan bahwa sistem HACCP tetap efektif dan bahwa perusahaan terus mematuhi standar keamanan pangan.

Penyimpanan dokumentasi adalah bagian penting dari sistem HACCP. Catatan harus disimpan mengenai semua kegiatan yang berkaitan dengan HACCP, termasuk analisis bahaya, penentuan CCP, pemantauan, tindakan korektif, dan verifikasi (Chen et al., 2019). Dokumentasi yang lengkap dan akurat membantu dalam pelacakan masalah dan memastikan bahwa sistem HACCP berfungsi dengan efektif. Selain itu, dokumentasi yang baik juga penting untuk keperluan audit eksternal dan kepatuhan terhadap regulasi keamanan pangan. Penyimpanan catatan yang baik memungkinkan perusahaan untuk meninjau dan menganalisis data untuk meningkatkan sistem HACCP secara berkelanjutan (Hossain et al., 2023).

DAFTAR PUSTAKA

- Adey, W. H. (2024). Coral reef ecosystems, aquaria to mesocosms. *Dynamic Aquaria*, 331–363. <https://doi.org/10.1016/B978-0-443-15418-8.00006-9>
- Ali, A., Wei, S., Ali, A., Khan, I., Sun, Q., Xia, Q., Wang, Z., Han, Z., Liu, Y., & Liu, S. (2022). Research Progress on Nutritional Value, Preservation and Processing of Fish—A Review. In *Foods* (Vol. 11, Issue 22). <https://doi.org/10.3390/foods11223669>
- Amer, D. A., Albadri, A. A. M., El-Hamshary, H. A., Nehela, Y., El-Hawary, M. Y., Makhlouf, A. H., & Awad, S. A. (2023). Impact of Salting Techniques on the Physio-Chemical Characteristics, Sensory Properties, and Volatile Organic Compounds of Ras Cheese. *Foods*, 12(9). <https://doi.org/10.3390/foods12091855>
- Anagnostopoulos, D. A., Parlapani, F. F., Tsara, E., Eirinaki, M. G., Kokioumi, D., Ampatzidou, E., & Boziaris, I. S. (2023). Effect of Physicochemical Characteristics and Storage Atmosphere on Microbiological Stability and Shelf-Life of Minimally Processed European Sea Bass (*Dicentrarchus labrax*) Fillets. *Foods*, 12(6). <https://doi.org/10.3390/foods12061145>
- Anikuttan, K. K., Rameshkumar, P., Nazar, A. K., Jayakumar, R., Tamilmani, G., Sakthivel, M., Sankar, M., Bavithra, R., Johnson, B., Krishnaveni, N., Mercy, A. A., Moulitharan, N., Narasimappallavan, G. I., Thomas, T., Rao, G. H., Jayasingh, M., Joseph, I., Ignatius, B., Madhu, K., & Gopalakrishnan, A. (2022). Designer clown fishes: Unraveling the ambiguities. *Frontiers in Marine Science*, 9. <https://doi.org/10.3389/fmars.2022.907362>

- Arifin, Z., Saroso, B. A., Kurniawan, A., & Ageftry, F. D. (2022). Pemanfaatan Energi Surya Sebagai Energi Alternatif Aerator Untuk Meningkatkan Kualitas Air Kolam Ikan Hias Berukuran Kecil. *Elektrika*, 14(2). <https://doi.org/10.26623/elektrika.v14i2.5752>
- Astawan, M. (2019). Penanganan dan pengolahan hasil Perikanan di atas Kapal. *Modul) Prinsip Dasar Teknologi Pengolahan Hasil Perikanan. Universitas Terbuka*.
- Atambayeva, Z., Nurgazezova, A., Rebezov, M., Kazhibayeva, G., Kassymov, S., Sviderskaya, D., Toleubekova, S., Assirzhanova, Z., Ashakayeva, R., & Apsalikova, Z. (2022). A Risk and Hazard Analysis Model for the Production Process of a New Meat Product Blended With Germinated Green Buckwheat and Food Safety Awareness. *Frontiers in Nutrition*, 9. <https://doi.org/10.3389/fnut.2022.902760>
- Burhanuddin, A. I. (2024). *Biologi kelautan*. Penerbit Andi.
- Cao, R., Yan, L., Xiao, S., Hou, B., Zhou, X., Wang, W., Bai, T., Zhu, K., Cheng, J., & Zhang, J. (2023). Effects of Different Low-Temperature Storage Methods on the Quality and Processing Characteristics of Fresh Beef. *Foods*, 12(4). <https://doi.org/10.3390/foods12040782>
- Chaklader, M. R., Howieson, J., Foysal, M. J., Hanif, M. A., Abdel-Latif, H. M. R., & Fotedar, R. (2023). Fish waste to sustainable additives: Fish protein hydrolysates alleviate intestinal dysbiosis and muscle atrophy induced by poultry by-product meal in Lates calcarifer juvenile. *Frontiers in Nutrition*, 10. <https://doi.org/10.3389/fnut.2023.1145068>
- Chaliluddin, M. A., Ikram, M., & Rianjuanda, D. (2019). Identifikasi alat penangkapan ikan ramah lingkungan berbasis CCRF di Kabupaten Pidie, Aceh. *Jurnal Galung Tropika*, 8(3), 197–208.

- Chen, C. L., Chuang, Y. C., Lee, T. C., Liu, C. H., & Yang, C. L. (2019). Not out of sight but out of mind: Developing a multi-criteria evaluation structure for green fishery harbors. *Marine Policy*, 100. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2018.12.007>
- Cheng, Y. T., Huang, P. H., Lu, W. C., Chu, S. C., Wang, P. M., Ko, W. C., & Li, P. H. (2023). Creating added-value filet product from rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) by salting and smoking method: physicochemical and textural attributes. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 7. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2023.1153862>
- Díaz-Puertas, R., Adamek, M., Mallavia, R., & Falco, A. (2023). Fish Skin Mucus Extracts: An Underexplored Source of Antimicrobial Agents. In *Marine Drugs* (Vol. 21, Issue 6). <https://doi.org/10.3390/md21060350>
- Dong, S.-L. (2023). Biological Regulation of Water Quality in Aquaculture. In *Aquaculture Ecology*. https://doi.org/10.1007/978-981-19-5486-3_7
- Duan, S., Liu, F., Qin, Q., Jia, Q., Cao, X., Hua, Z., Fan, Y., & Wang, C. (2023). Implementation of the HACCP System for Apple Juice Concentrate Based on Patulin Prevention and Control. *Foods*, 12(4). <https://doi.org/10.3390/foods12040786>
- Ereno Tadielo, L., Aparecida Rodrigues dos Santos, E., Sossai Possebon, F., Arruda Schmiedt, J., Henrique Silva Orisio, P., Bastos Juliano, L. C., Koutsodontis Cerqueira-Cézar, C., Paes de Almeida Nogueira Pinto, J., Gonçalves Pereira, J., & Bersot, L. dos S. (2023). Preoperational cleaning processes interfere with microbial ecology and presence of *Listeria monocytogenes* and *Salmonella* spp. on food conveyor belts of a poultry slaughterhouse in Brazil. *LWT*, 184. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2023.115037>

- Fauzan, A. F., & Burhanuddin, A. (2023). Potensi dan Tantangan Pariwisata Maritim Kepulauan Seribu. *Student Scientific Creativity Journal*, 1(6), 379–391.
- Findlay, C. R., Rojano-Doñate, L., Tougaard, J., Johnson, M. P., & Madsen, P. T. (2023). Small reductions in cargo vessel speed substantially reduce noise impacts to marine mammals. *Science Advances*, 9(25). <https://doi.org/10.1126/sciadv.adf2987>
- Fitri, N., Chan, S. X. Y., Che Lah, N. H., Jam, F. A., Misnan, N. M., Kamal, N., Sarian, M. N., Mohd Lazaldin, M. A., Low, C. F., Hamezah, H. S., Rohani, E. R., Mediani, A., & Abas, F. (2022). A Comprehensive Review on the Processing of Dried Fish and the Associated Chemical and Nutritional Changes. In *Foods* (Vol. 11, Issue 19). <https://doi.org/10.3390/foods11192938>
- Galligan SJ, B. P., McClanahan, T. R., & Humphries, A. T. (2022). Nutrient capture and sustainable yield maximized by a gear modification in artisanal fishing traps. *Environmental Research Letters*, 17(12). <https://doi.org/10.1088/1748-9326/aca77e>
- Garridogamarro, E., Svanevik, C. S., Lundebye, A. K., Sanden, M., D'Agostino, E., Kjellefold, M., Pincus, L., & Pucher, J. (2023). Challenges in the implementation of food safety and quality assurance systems in small-scale fisheries. *Food Quality and Safety*, 7. <https://doi.org/10.1093/fqsafe/fyad007>
- Glencross, B., Fracalossi, D. M., Hua, K., Izquierdo, M., Mai, K., Øverland, M., Robb, D., Roubach, R., Schrama, J., Small, B., Tacon, A., Valente, L. M. P., Viana, M. T., Xie, S., & Yakupityage, A. (2023). Harvesting the benefits of nutritional research to address global challenges in the 21st century. In *Journal of the World Aquaculture Society* (Vol. 54, Issue 2). <https://doi.org/10.1111/jwas.12948>

- Gómez-Guillén, M. C., Pérez-García, S., Alemán, A., López-Caballero, M. E., Sotelo, C. G., & Montero, M. P. (2023). Development of a Ready-to-Eat Fish Product Enriched with Fish Oil Entrapped in a κ -Carrageenan Egg White Fish Protein Hydrolysate Dry Powder. *Foods*, 12(11). <https://doi.org/10.3390/foods12112272>
- Guo, M., Yan, Q., Dong, Y., Ding, Z., Mei, J., & Xie, J. (2023). Apoptotic Changes, Oxidative Stress and Immunomodulatory Effects in the Liver of Japanese Seabass (*Lateolabrax japonicus*) Induced by Ammonia-Nitrogen Stress during Keep-Live Transport. *Biology*, 12(6). <https://doi.org/10.3390/biology12060769>
- Hamuna, B., Tanjung, R. H., & MAury, H. (2018). *Kajian kualitas air laut dan indeks pencemaran berdasarkan parameter fisika-kimia di perairan Distrik Depapre, Jayapura*.
- Horowitz, J., Opresko, D. M., Herrera, S., Hansel, C. M., & Quattrini, A. M. (2024). Ameripathidae, a new family of antipatharian corals (Cnidaria, Anthozoa, Hexacorallia, Antipatharia). *Zookeys*, 1203(1203), 355–375. <https://doi.org/10.3897/ZOOKEYS.1203.121411>
- Hossain, K. Z., Xue, J., & Rabbany, M. G. (2023). Consumers' willingness to pay (WTP) for HACCP certified frozen farmed fish: A consumer survey from wet markets in Dhaka, Bangladesh. *Aquaculture Economics and Management*, 27(1). <https://doi.org/10.1080/13657305.2022.2046204>
- Hu, X., Xu, B., Xiao, Y., Liang, S., Zhang, C., & Song, H. (2022). Overview and prospects of food biosafety. In *Journal of Biosafety and Biosecurity* (Vol. 4, Issue 2). <https://doi.org/10.1016/j.jobbb.2022.11.001>

- Hwang, C. C., Kung, H. F., Lin, C. Saint, Hwang, D. F., & Tsai, Y. H. (2011). Bacteriological quality and histamine-forming bacteria associated with fish meats and environments in HACCP and non-HACCP fish processing factories. *Food Control*, 22(10). <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2011.03.025>
- Iriani, A. Y. (2019). Strategi pengembangan pariwisata berdasarkan preferensi masyarakat asli: Studi kasus di Raja Ampat. *Jurnal Masyarakat Dan Budaya*.
- Janči, T., Gauta, T., Putnik, P., Kanski, D., & Lovrinov, M. (2023). Influence of Fish Handling Practices Onboard Purse Seiners on Quality Parameters of Sardines (*Sardina pilchardus*) during Cold Storage. *Biomolecules*, 13(2). <https://doi.org/10.3390/biom13020192>
- Jessen, F., Nielsen, J., & Larsen, E. (2014). Chilling and freezing of fish. *Seafood Processing: Technology, Quality and Safety*, 33–59.
- Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 4 Tahun 2001 Tentang: Kriteria Baku Kerusakan Terumbu Karang, Jakarta: Menteri Negara Lingkungan Hidup, Republik Indonesia (2001).
- Lemos, M. L., Prata, J. C., Rodrigues, I. C., Martins-Costa, S., Archer, B., Machado, J., Dilão, R., Vaz-Pires, P., & Martins da Costa, P. (2023). An Exploratory Study on Spoilage Bacteria and *Listeria monocytogenes* in Fresh Salmon: Extending Shelf-Life Using Vacuum and Seasonings as Natural Preservatives. *Veterinary Sciences*, 10(7). <https://doi.org/10.3390/vetsci10070423>
- Liu, W., Lyu, J., Wu, D., Cao, Y., Ma, Q., Lu, Y., & Zhang, X. (2022). Cutting Techniques in the Fish Industry: A Critical Review. In *Foods* (Vol. 11, Issue 20). <https://doi.org/10.3390/foods11203206>

- Lu, N., Ma, J., & Sun, D. W. (2022). Enhancing physical and chemical quality attributes of frozen meat and meat products: Mechanisms, techniques and applications. In *Trends in Food Science and Technology* (Vol. 124). <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2022.04.004>
- Lupattelli, A., Primavilla, S., Roila, R., Felici, A., & Tinaro, M. (2023). Microbiological Safety and Quality of Meals and Work Surfaces in Collective Catering Systems in Central Italy: A Five-Year Monitoring Study. *Biology*, 12(1). <https://doi.org/10.3390/biology12010064>
- Lupin, H. M., Parin, M. A., & Zugarramurdi, A. (2010). HACCP economics in fish processing plants. *Food Control*, 21(8). <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2010.01.009>
- Lyashenko, S., Chileh-Chelh, T., Rincón-Cervera, M. Á., Lyashenko, S. P., Ishenko, Z., Denisenko, O., Karpenko, V., Torres-García, I., & Guil-Guerrero, J. L. (2023). Screening of Lesser-Known Salted-Dried Fish Species for Fatty Acids, Tocols, and Squalene. *Foods*, 12(5). <https://doi.org/10.3390/foods12051083>
- Mahmud, A., Abraha, B., Samuel, M., Abraham, W., & Mahmud, E. (2018). Fish preservation: a multi-dimensional approach. *MOJ Food Processing & Technology*, 6(3). <https://doi.org/10.15406/mojfpt.2018.06.00180>
- Masood, Z., Hasan, Z., Gul, H., Zahid, H., Hassan, H. U., Sultan, R., Khan, W., Safia, Titus, K., & Ullah, A. (2023). Monitoring pond water quality to improve the production of *Labeo rohita* (Hamilton, 1822) in Bannu Fish Hatchery of Bannu district, Khyber Pakhtunkhwa province; An Implications for artificial fish culture. *Brazilian Journal of Biology*, 83. <https://doi.org/10.1590/1519-6984.245197>

- McClanahan, T. R. (2021). Marine reserve more sustainable than gear restriction in maintaining long-term coral reef fisheries yields. *Marine Policy*, 128, 104478. <https://doi.org/10.1016/J.MARPOL.2021.104478>
- Mulyono, M., Firdaus, R., & Alka, C. M. N. (2018). *Sumberdaya Hayati Laut Indonesia: Sebuah Pengantar Sumber daya hayati laut Indonesia* (Vol. 1). STP Press.
- Nabil, Z. (2019). *Pengenalan Terumbu Karang sebagai Pondasi Utama Laut Kita*. Unimal Press.
- Natasya, A., & Widawati, W. (2022). THE EFFECT OF STORAGE TIME AT COLD TEMPERATURES ON THE QUALITY OF PRESTO SHORT FISH (*Barbonymus schwanenfeldii*). *Jurnal Kesehatan Tambusai*, 2(4). <https://doi.org/10.31004/jkt.v2i4.2743>
- Nursita, L. (2020). Menggagas Pembangunan Blue Economy Terumbu Karang; Sebuah Pendekatan Sosial Ekonomi. *EcceS: Economics Social and Development Studies*, 7(1), 62–86.
- Pelyuntha, W., Yafa, A., Charoenwong, B., & Vongkamjan, K. (2022). Effectiveness of the Organic Acid-Based Antimicrobial Agent to Prevent Bacterial Contamination in Fish Meal. *Animals*, 12(23). <https://doi.org/10.3390/ani12233367>
- Prieto-Luna, J. C., Jaramillo-Peralta, D. A., Julian-Laime, E., & Holgado-Apaza, L. A. (2023). IoT based system for monitoring dissolved oxygen and temperature in fish larviculture. *Revista Brasileirade Ciencias Agrarias*, 18(2). <https://doi.org/10.5039/AGRARIA.V18I2A3014>

- PS, K., Gopan, S., Rajabudeen, R., Fathima, R., Shibu, K., R, N., Udayan, P., Elvis, T., T, G., NH, A. Das, K, D., MP, S., & GB, S. (2022). Post-harvest losses in the fisheries sector-facts, figures, challenges and strategies. *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*, 10(4). <https://doi.org/10.22271/fish.2022.v10.i4b.2691>
- Rahayu, W. P., & Wibisono, W. (2016). Penerapan good logistic practices untuk produk perikanan. *Jurnal Manajemen Transportasi & Logistik (JMTRANSLOG)*, 3(2), 129–147.
- Rennemo, J., Myrvold, S., Berge, K., Kileng, Ø., Pedersen, B., Aksberg, D. S., Lisik, P., Crappe, D., McGurk, C., Rimstad, E., Wessel, Ø., Koppang, E. O., & Bjørgen, H. (2023). In-depth health surveillance and clinical nutrition in farmed Atlantic salmon: a strategic attempt to detect and mitigate an HSMI outbreak. *Veterinary Research*, 54(1). <https://doi.org/10.1186/s13567-023-01137-1>
- Rifat, S. M., Ashik-E-Rabbani, M., Basir, M. S., & Alam, A. N. (2019). Design and fabrication of an aerator cum oxygen accumulator for live fish transport. *Journal of the Bangladesh Agricultural University*, 17(4). <https://doi.org/10.3329/jbau.v17i4.44630>
- Rummer, J. L., & Illing, B. (2022). Coral reef fishes in a multi-stressor world. *Fish Physiology*, 39, 325–391. <https://doi.org/10.1016/BS.FP.2022.04.011>
- Sagai, B., Roeroe, K., & Manembu, I. (2017). Kondisi Terumbu Karang di Pulau Salawati Kabupaten Raja Ampat Papua Barat. *Jurnal Pesisir Dan Laut Tropis*, 5(2), 47–52.

- Sangaji, M., Louhenapessy, D. G., Lewerissa, Y. A., Mutmainnah, & Lestari, F. (2024). Sustainable management of coral reef based on ecology-social resilience level in Kotania Bay, Indonesia. *Egyptian Journal of Aquatic Research*, 50(1), 110–116. <https://doi.org/10.1016/J.EJAR.2024.03.002>
- Santoso, A. D. (2008). Teknologi Konservasi Dan Rehabilitasi Terumbu Karang. *Jurnal Teknologi Lingkungan BPPT*, 9(3), 147588.
- Sari, D. W., Wardana, W. W., Taniu, S., Restikasari, W., & Islamiyya, H. A. T. (2023). *Dinamika Sektor Perikanan Pasca Panen*. Cipta Media Nusantara.
- Sari, I. P., & Nawafil, M. I. A. (2023). Teknik penanganan ikan di atas kapal purse seine di Pelabuhan Perikanan Pantai (PPP) Bajomulyo, Jawa Tengah. *ALBACORE Jurnal Penelitian Perikanan Laut*, 7(3), 385–394.
- Scarponi, V., Gennari, E., & Hughes, W. (2021). Physiological response to capture stress in endemic Southern African catsharks (family Scyliorhinidae). *Journal of Fish Biology*, 99(1). <https://doi.org/10.1111/jfb.14710>
- Selvnes, H., Allouche, Y., Manescu, R. I., & Hafner, A. (2021). Review on cold thermal energy storage applied to refrigeration systems using phase change materials. In *Thermal Science and Engineering Progress* (Vol. 22). <https://doi.org/10.1016/j.tsep.2020.100807>
- Shahbaz Azhar, M., Zubair Anjum, M., Akhter, S., Bibi, S., Qayash Khan, M., & Rasool, F. (2022). Effect of Temperature Fluctuation on the Indian Major Carp *Labeo rohita* and *Cirrhinus mrigala* Larvae under a Controlled Environment. *Jammu Kashmir Journal of Agriculture*, 2(3). <https://doi.org/10.56810/jkjagri.002.03.0044>

- Sian, L. T., Lee, Y. Y., Hing, C. K., & Voon, C. S. C. (2023). A CFD Analysis of Core Temperature for Different Durian Paste Packages Layouts during Air-Blast Freezing. *CFD Letters*, 15(1). <https://doi.org/10.37934/cfdl.15.1.116>
- Subagiyo, A., Wijayanti, W. P., & Zakiyah, D. M. (2017). *Pengelolaan wilayah pesisir dan pulau-pulau kecil*. Universitas Brawijaya Press.
- Sukhovskaya, I. V., Lysenko, L. A., Fokina, N. N., Kantserova, N. P., & Borvinskaya, E. V. (2023). Survival, Growth Performance, and Hepatic Antioxidant and Lipid Profiles in Infected Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*) Fed a Diet Supplemented with Dihydroquercetin and Arabinogalactan. *Animals*, 13(8). <https://doi.org/10.3390/ani13081345>
- Sun, Q., Wang, Z., Chen, L., Zhou, C., Okonkwo, C. E., Tang, Y., Lu, A., & Lu, Q. (2023). Effects of main drying temperature on drying characteristics and quality of freeze-dried scallion (*Allium fistulosum*). *Drying Technology*, 41(11), 1755–1770. <https://doi.org/10.1080/07373937.2023.2184380>
- Thamrin, T. (2017). *KARANG DAN ZOOXANTHELLAE*. UR Press.
- Tong, F., Bai, J., Tang, Z., Li, C., Liu, S., & Wei, Z. (2023). Replacing Fish Meal with Hydrolyzed Collagen Derived from Fish By-Products Improved Muscle Quality and Glycolipid Metabolism of Triploid Crucian Carp. *Foods*, 12(6). <https://doi.org/10.3390/foods12061235>
- Tsironi, T. (2023). Editorial: Improving fish from catch to the consumer: Post harvest handling, processing, packaging, transportation and storage. *Aquaculture and Fisheries*, 8(4), 363–364. <https://doi.org/10.1016/j.AAF.2022.12.005>

- Tzouros, N. E., & Arvanitoyannis, I. S. (2000). Implementation of Hazard Analysis Critical Control Point (HACCP) system to the fish/seafood industry: A review. In *Food Reviews International* (Vol. 16, Issue 3). <https://doi.org/10.1081/FRI-100100290>
- van Woesik, R., & Shlesinger, T. (2023). Bleaching of the world's coral reefs. *Biological and Environmental Hazards, Risks, and Disasters*, *Second Edition*, 251–271. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-820509-9.00011-3>
- Westmacott, S., Teleki, K., Wells, S., & West, J. (2000). *Pengelolaan terumbu karang yang telah memutih dan rusak kritis*. Yayasan Terumbu Karang Indonesia.
- Williams, S. L., Janetski, N., Abbott, J., Blankenhorn, S., Cheng, B., Crafton, R. E., Hameed, S. O., Rapi, S., & Trockel, D. (2014). Ornamental marine species culture in the Coral Triangle: Seahorse demonstration project in the Spermonde Islands, Sulawesi, Indonesia. *Environmental Management*, *54*, 1342–1355.
- Xu, E., Niu, R., Lao, J., Zhang, S., Li, J., Zhu, Y., Shi, H., Zhu, Q., Chen, Y., Jiang, Y., Wang, W., Yin, J., Chen, Q., Huang, X., Chen, J., & Liu, D. (2023). Tissue-like cultured fish fillets through a synthetic food pipeline. *Npj Science of Food*, *7*(1). <https://doi.org/10.1038/s41538-023-00194-2>
- Yanuhar, U., Musa, M., Evanuarini, H., Wuragil, D. K., & Permata, F. S. (2022). Water Quality in Koi Fish (*Cyprinus carpio*) Concrete Ponds with Filtration in Nglepok District, Blitar Regency. *Universal Journal of Agricultural Research*, *10*(6). <https://doi.org/10.13189/ujar.2022.100619>
- Yusianto, R., Marimin, M., Suprihatin, S., & Hardjomidjojo, H. (2020). IOT Based smart agro-industrial technology with spatial analysis. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*, *30*(3), 319–328.

- Zare, M., Kazempour, M., Hosseini, H., Hosseini Choupani, S. M., Akhavan, S. R., Rombenso, A., & Esmaeili, N. (2023). Fish Meal Replacement and Early Mild Stress Improve Stress Responsiveness and Survival of Fish after Acute Stress. *Animals*, 13(8). <https://doi.org/10.3390/ani13081314>
- Zhang, H., Wang, Q., Dong, Y., Mei, J., & Xie, J. (2023). Effects of Tricaine Methanesulphonate (MS-222) on Physiological Stress and Fresh Quality of Sea Bass (*Lateolabrax maculatus*) under Simulated High-Density and Long-Distance Transport Stress. *Biology*, 12(2). <https://doi.org/10.3390/biology12020223>
- Zhao, M., & Yu, K. (2014). Application of chlorophyll fluorescence technique in the study of coral symbiotic zooxanthellae micro-ecology. *Acta Ecologica Sinica*, 34(3), 165–169. <https://doi.org/10.1016/J.CHNAES.2014.03.006>
- Zollett, E. A., & Swimmer, Y. (2019). Safe handling practices to increase post-capture survival of cetaceans, sea turtles, seabirds, sharks, and billfish in tuna fisheries. In *Endangered Species Research* (Vol. 38). <https://doi.org/10.3354/ESR00940>

BIODATA PENULIS



**Prof. Dr. Ir. Jumriah Langkong, MP.
Dosen Jurusan Teknologi Pertanian
Universitas Hasanuddin**

Penulis lahir pada tanggal 15 Desember 1957 dan saat ini menetap di Makassar. Beliau adalah seorang guru besar dalam bidang Teknologi Hasil Perkebunan di Jurusan Teknologi Pertanian Universitas Hasanuddin Makassar. Gelar kehormatan sebagai Guru Besar diperoleh pada tahun 2021, setelah mengabdikan sebagai dosen di Fakultas Pertanian Universitas Hasanuddin Makassar sejak tahun 1987. Penulis menyelesaikan pendidikan S1 pada Afiliasi IPB Bogor dengan Universitas Hasanuddin Makassar pada tahun 1985 di bidang Ilmu dan Teknologi Pangan. Setelah itu, melanjutkan studi S2 di Universitas Gadjah Mada dalam bidang Perkebunan dan lulus pada tahun 1998, kemudian menyelesaikan pendidikan S3 pada tahun 2011 di Universitas Hasanuddin Makassar dalam bidang Sistem Pertanian. Penulis aktif dalam berbagai kegiatan penelitian dan pengabdian kepada masyarakat di bidang teknologi hasil pertanian dan perkebunan hingga saat ini.

BIODATA PENULIS



Dedy Putra Wahyudi, S.Pi., M.Si.
Dosen Program Studi Perikanan Tangkap
Universitas Sulawesi Barat

Penulis lahir pada 4 Agustus 1988. Lulus S1 di Program Studi Pemanfaatan Sumberdaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor (FPIK IPB) pada tahun 2010, dan melanjutkan pendidikan S2 di Program Pascasarjana Institut Pertanian Bogor dengan Program Studi Sistem Pemodelan Perikanan Tangkap pada tahun 2014. Saat ini, penulis adalah dosen tetap Program Studi Budidaya Perikanan Fakultas Peternakan dan Perikanan Universitas Sulawesi Barat dan aktif sebagai pengamat di bidang pengembangan masyarakat desa serta dinamika perikanan skala kecil. Salah satu penelitian penulis adalah tentang Dampak Pengelolaan Sumber Daya Alam Migas Blok Sebuku Terhadap Pembangunan Daerah dan Ketahanan Wilayah Kabupaten Majene. Dalam bidang pengabdian kepada masyarakat, salah satu karya penulis adalah Pendampingan Sosial di Daerah Pascabencana Wilayah Sulawesi Barat. Penulis pernah menjabat sebagai Ketua P2KKN Universitas Sulawesi Barat pada periode 2021-2023 dan Ketua Pusat Hak Kekayaan Intelektual Universitas

Sulawesi Barat sejak tahun 2019 hingga sekarang. Saat ini, penulis sedang melanjutkan studi doktoral pada Program Studi Ilmu Pertanian Universitas Hasanuddin. Penulis juga telah menulis beberapa buku, di antaranya Realitas Desa Membangun Gagasan dan Pengalaman (2017), Buku Ajar Kewirausahaan (2023), Manajemen Pelabuhan Perikanan (2023), dan Pengantar Ilmu Perikanan dan Perairan (2024).