



# TEKNOLOGI PENANGANAN HASIL PERIKANAN

**Tim Penulis:**

**Yohanes Harvinda  
Diah Puspitasari  
Novia Nurul Afiah  
Karla Amelia**

# **TEKNOLOGI PENANGANAN HASIL PERIKANAN**

**Penulis:**  
**Yohanes Harvinda**  
**Diah Puspitasari**  
**Novia Nurul Afiyah**  
**Karla Amelia**



**GET PRESS INDONESIA**

# **TEKNOLOGI PENANGANAN HASIL PERIKANAN**

## **Penulis :**

Yohanes Harvinda

Diah Puspitasari

Novia Nurul Afiyah

Karla Amelia

**ISBN : 978-634-255-248-3**

**Editor :** Mila Sari, M.Si.

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

**Penerbit :** GET PRESS INDONESIA

Anggota IKAPI No. 033/SBA/2022

## **Redaksi :**

Jl. Palarik RT 01 RW 06, Kelurahan Air Pacah  
Kecamatan Koto Tengah, Padang, Sumatera Barat

Website : [www.getpress.co.id](http://www.getpress.co.id)

Email : [adm.getpress@gmail.com](mailto:adm.getpress@gmail.com)

Cetakan pertama, Desember 2025

Hak cipta dilindungi undang-undang

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

*Undang Undang Republik Indonesia Nomor 19 Tahun  
2002 Tentang Hak Cipta*

Ketentuan Pidana:

**Pasal 72**

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

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas kasih dan karunia-Nya buku ini dapat diselesaikan. Penyusunan buku ini merupakan bagian dari pelaksanaan **Tridharma Perguruan Tinggi**, khususnya pendidikan, penelitian, dan pengabdian masyarakat. Universitas Jenderal Soedirman (UNSOED) melalui karya akademik ini berupaya menghadirkan kontribusi nyata bagi pembangunan sektor perikanan dan kelautan di Indonesia.

Buku ini disusun dengan latar belakang pentingnya pengelolaan pascapanen hasil perikanan dan kelautan yang berkelanjutan, higienis, dan berbasis teknologi modern. Materi mencakup beragam aspek mulai dari penanganan ikan di atas kapal, sistem penyimpanan dan distribusi, hingga inovasi produk turunan rumput laut dan komoditas perikanan lainnya. Dengan demikian, buku ini diharapkan dapat menjadi referensi komprehensif yang menghubungkan pengetahuan akademik dengan praktik di lapangan.

Tujuan utama penulisan buku ini adalah memperkuat kontribusi UNSOED dalam pengembangan ilmu pengetahuan, teknologi, dan inovasi di bidang perikanan serta meningkatkan reputasi universitas pada tingkat nasional maupun internasional. Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada semua pihak yang telah mendukung penyusunan buku ini. Semoga buku ini bermanfaat bagi mahasiswa, dosen, peneliti, pelaku industri, maupun masyarakat luas sebagai bahan ajar, acuan penelitian, sekaligus panduan praktis dalam penanganan hasil perikanan dan kelautan.

Purwokerto, Agustus 2025

Yohanes Harvinda

## DAFTAR ISI

|                                                                              |           |
|------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>KATA PENGANTAR.....</b>                                                   | <b>i</b>  |
| <b>DAFTAR ISI .....</b>                                                      | <b>ii</b> |
| <b>DAFTAR GAMBAR.....</b>                                                    | <b>ix</b> |
| <b>DAFTAR TABEL .....</b>                                                    | <b>xi</b> |
| <b>BAB 1 PENDAHULUAN .....</b>                                               | <b>1</b>  |
| 1.1 Pentingnya Penanganan Hasil Perikanan.....                               | 1         |
| A. Fungsi dan Manfaat Ikan bagi Kesehatan.....                               | 1         |
| B. Indonesia sebagai Negara Maritim.....                                     | 2         |
| C. Kelemahan Ikan yang Mudah Rusak.....                                      | 3         |
| D. Peluang Bisnis di Sektor Penanganan Hasil Perikanan<br>.....              | 4         |
| E. Kasus di Indonesia dan Global.....                                        | 5         |
| 1.2 Peran Teknologi dalam Keamanan Pangan dan<br>Ketahanan Pangan Laut ..... | 5         |
| A. Transformasi Teknologi Penanganan Hasil Perikanan...                      | 6         |
| B. Teknologi dan Keamanan Pangan Laut.....                                   | 9         |
| C. Teknologi untuk Mendukung Ketahanan Pangan Laut...                        | 10        |
| D. Kasus Global dan Implikasi bagi Indonesia .....                           | 10        |
| 1.3 Isu Global: <i>Sustainability</i> , <i>Blue Economy</i> , dan SDGs.....  | 11        |
| A. <i>Sustainability</i> (Keberlanjutan) .....                               | 11        |
| B. <i>Blue Economy</i> (Ekonomi Biru) .....                                  | 12        |
| C. <i>Sustainable Development Goals</i> (SDGs) .....                         | 13        |
| 1.4 Kesimpulan.....                                                          | 14        |
| <b>BAB 2 IKAN SEBAGAI BAHAN BAKU .....</b>                                   | <b>15</b> |
| 2.1 Bentuk dan Morfologi Ikan .....                                          | 15        |
| A. Definisi Ikan.....                                                        | 15        |
| B. Struktur Tubuh Ikan.....                                                  | 16        |
| C. Otot dan Daging Ikan.....                                                 | 17        |
| D. Variasi Morfologi: Ikan Berdaging Putih dan Merah .....                   | 18        |
| E. Signifikansi Morfologi dalam Industri Perikanan .....                     | 19        |
| F. Kasus di Indonesia.....                                                   | 21        |
| 2.2 Sifat Organoleptik Ikan.....                                             | 21        |
| A. Definisi dan Pentingnya Sifat Organoleptik.....                           | 21        |
| B. Karakteristik Ikan Segar .....                                            | 22        |
| C. Karakteristik Ikan Tidak Segar.....                                       | 22        |
| D. Relevansi dalam Industri dan Konsumsi .....                               | 25        |
| 2.3 Komposisi Biokimia Ikan .....                                            | 25        |

|                                                                                                         |           |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| A. Komponen Utama Biokimia Ikan.....                                                                    | 26        |
| B. Peran Komposisi Biokimia dalam Kerusakan Ikan .....                                                  | 28        |
| C. Studi Kasus: Indonesia dan Global .....                                                              | 28        |
| 2.4 Faktor yang Mempengaruhi Mutu Bahan Baku .....                                                      | 29        |
| A. Faktor Intrinsik.....                                                                                | 29        |
| B. Faktor Ekstrinsik.....                                                                               | 30        |
| 2.5 Tren Permintaan Global terhadap Produk Perikanan .....                                              | 31        |
| A. Tren Utama Permintaan Global .....                                                                   | 32        |
| B. Studi Kasus: Indonesia dan Global.....                                                               | 33        |
| C. <i>Blue Economy</i> dan SDGs.....                                                                    | 34        |
| 2.6 Kesimpulan .....                                                                                    | 35        |
| <b>BAB 3 PERUBAHAN PADA IKAN SETELAH MATI .....</b>                                                     | <b>37</b> |
| 3.1 Proses <i>Post Mortem</i> pada Ikan.....                                                            | 37        |
| A. Tahapan Utama Perubahan <i>Post Mortem</i> .....                                                     | 37        |
| B. Faktor yang Memengaruhi Proses <i>Post Mortem</i> .....                                              | 39        |
| C. Implikasi terhadap Mutu dan Keamanan Pangan.....                                                     | 40        |
| 3.2 Perubahan Biokimia dan Fisiologi pada Ikan Pasca<br>Kematian.....                                   | 41        |
| A. Degradasi Glikogen dan Penurunan pH.....                                                             | 41        |
| B. Akumulasi Urea dan Trimetilamin Oksida (TMAO).....                                                   | 42        |
| C. Autolisis Enzimatis .....                                                                            | 42        |
| D. Pertumbuhan Mikroorganisme.....                                                                      | 43        |
| E. Integrasi Faktor Biokimia dan Fisiologi.....                                                         | 44        |
| 3.3 Deteksi Mutu Ikan dengan Teknologi Sensor dan AI.....                                               | 45        |
| A. Teknologi Sensor dalam Deteksi Mutu Ikan .....                                                       | 46        |
| B. Peran AI dan <i>Machine Learning</i> dalam Deteksi Mutu<br>Ikan .....                                | 48        |
| C. Implementasi Global dan Nasional .....                                                               | 48        |
| D. Tantangan dan Prospek .....                                                                          | 49        |
| 3.4 Kesimpulan .....                                                                                    | 49        |
| <b>BAB 4 PENANGANAN HASIL-HASIL PERIKANAN .....</b>                                                     | <b>51</b> |
| 4.1 Prinsip Umum Penanganan Hasil Perikanan .....                                                       | 51        |
| A. Pentingnya Penanganan Pascapanen .....                                                               | 51        |
| B. Prinsip Dasar Penanganan Hasil Perikanan.....                                                        | 52        |
| C. Kondisi di Indonesia .....                                                                           | 54        |
| D. Strategi Peningkatan Penanganan Hasil Perikanan .....                                                | 54        |
| 4.2 <i>Good Handling Practices</i> (GHP) dan <i>Good<br/>        Manufacturing Practices</i> (GMP)..... | 55        |

|                                                                           |           |
|---------------------------------------------------------------------------|-----------|
| A. Pentingnya GHP dan GMP dalam Rantai Pasok Perikanan .....              | 55        |
| E. <i>Good Handling Practices</i> (GHP) .....                             | 56        |
| F. <i>Good Manufacturing Practices</i> (GMP) .....                        | 58        |
| G. Penerapan GHP dan GMP di Indonesia.....                                | 59        |
| 4.3 Standar Mutu dan Sertifikasi (HACCP, ISO, <i>Traceability</i> ) ..... | 59        |
| A. Pentingnya Standar Mutu dalam Industri Perikanan .....                 | 59        |
| B. <i>Hazard Analysis Critical Control Point</i> (HACCP).....             | 60        |
| C. ISO 22000.....                                                         | 63        |
| D. Sistem Ketertelusuran ( <i>Traceability System</i> ) .....             | 63        |
| E. Tantangan dan Peluang Penerapan Standar Mutu .....                     | 64        |
| 4.4 Sistem Digitalisasi Rantai Pasok Perikanan.....                       | 65        |
| A. Teknologi <i>Internet of Things</i> (IoT) dalam Monitoring Mutu .....  | 65        |
| B. <i>Blockchain</i> untuk <i>Traceability</i> .....                      | 66        |
| C. <i>E-commerce</i> dan <i>Marketplace</i> Perikanan .....               | 67        |
| D. Tantangan Implementasi Digitalisasi .....                              | 68        |
| D. Implikasi terhadap Keberlanjutan dan Pasar Global.....                 | 69        |
| 4.5 Kesimpulan.....                                                       | 69        |
| <b>BAB 5 TEKNOLOGI PENANGANAN IKAN SEGAR/IKAN BASAH.....</b>              | <b>71</b> |
| 5.1 Teknologi Pendinginan Modern dalam Penanganan Hasil Perikanan.....    | 71        |
| A. Refrigerasi Konvensional .....                                         | 71        |
| B. <i>Slurry Ice</i> .....                                                | 72        |
| C. <i>Superchilling</i> .....                                             | 73        |
| D. Implikasi bagi Indonesia .....                                         | 74        |
| 5.2 Sistem Rantai Dingin ( <i>Cold Chain System</i> ) .....               | 74        |
| A. Komponen dan Tahapan Rantai Dingin .....                               | 74        |
| B. Teknologi Penunjang Rantai Dingin .....                                | 76        |
| C. Tantangan Penerapan Rantai Dingin di Indonesia .....                   | 76        |
| D. Manfaat Strategis Rantai Dingin.....                                   | 78        |
| E. Arah Pengembangan Rantai Dingin ke Depan .....                         | 78        |
| 5.3 <i>Smart Monitoring</i> dengan IoT dan <i>Blockchain</i> .....        | 79        |
| A. Integrasi IoT dan <i>Blockchain</i> dalam Rantai Pasok Perikanan ..... | 79        |

|                                                         |           |
|---------------------------------------------------------|-----------|
| B. Aplikasi Nyata IoT dan <i>Blockchain</i> di Industri |           |
| Perikanan .....                                         | 79        |
| C. Manfaat Strategis bagi Ketahanan Pangan dan Ekspor.. | 80        |
| D. Tantangan Implementasi di Indonesia .....            | 81        |
| E. Arah Masa Depan <i>Smart Monitoring</i> .....        | 82        |
| 5.4 Inovasi Kemasan Aktif & <i>Edible Coating</i> ..... | 82        |
| A. Konsep dan Dasar Ilmiah.....                         | 82        |
| B. Mekanisme Kerja pada Produk Perikanan .....          | 83        |
| C. Aplikasi pada Berbagai Jenis Ikan .....              | 84        |
| D. Keunggulan dan Potensi Komersialisasi .....          | 85        |
| E. Tantangan dan Prospek di Indonesia .....             | 86        |
| 5.5 Kesimpulan .....                                    | 86        |
| <b>BAB 6 TEKNOLOGI PENANGANAN HASIL TANGKAPAN DI</b>    |           |
| <b>KAPAL.....</b>                                       | <b>89</b> |
| 6.1 Desain dan Material Kapal Modern.....               | 89        |
| A. Peran Desain Kapal dalam Penanganan Hasil            |           |
| Tangkapan.....                                          | 89        |
| B. Material Konstruksi Kapal.....                       | 89        |
| C. Desain Palka dan Sistem Isolasi .....                | 91        |
| D. Ergonomi dan Keselamatan Kerja .....                 | 93        |
| E. Studi Kasus: Modernisasi Kapal di Indonesia.....     | 93        |
| 6.2 Sistem Penyimpanan Dingin di Kapal .....            | 94        |
| A. Pentingnya Sistem Pendinginan di Kapal .....         | 94        |
| B. <i>Ice Chilling</i> (Pendinginan dengan Es) .....    | 95        |
| C. <i>Refrigerated Seawater</i> (RSW).....              | 96        |
| D. <i>Chilled Seawater</i> (CSW) .....                  | 97        |
| E. <i>Superchilling</i> .....                           | 97        |
| 6.3 Kebersihan dan Sanitasi di Atas Kapal .....         | 98        |
| A. Pentingnya Sanitasi dalam Penanganan Hasil           |           |
| Tangkapan.....                                          | 98        |
| B. Penyediaan Air Bersih.....                           | 98        |
| C. Material dan Desain Fasilitas Kapal.....             | 100       |
| D. Desinfeksi Rutin .....                               | 100       |
| E. Pengelolaan Limbah di Kapal.....                     | 101       |
| F. Higiene Personal Awak Kapal .....                    | 102       |
| G. Konsekuensi Buruk Sanitasi yang Diabaikan .....      | 104       |
| 6.4 Kesimpulan .....                                    | 104       |

|                                                                  |            |
|------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>BAB 7 PENANGANAN IKAN SEGAR DI DARAT .....</b>                | <b>107</b> |
| 7.1 Penanganan di Tempat Pendaratan Ikan (TPI) .....             | 107        |
| 7.2 Penanganan Ikan Segar Selama Penjualan .....                 | 110        |
| 7.3 Penanganan Ikan Segar Selama Pengolahan .....                | 115        |
| A. Sortasi dan Grading .....                                     | 115        |
| B. Pencucian dan Penyiangkan .....                               | 116        |
| C. Pengolahan Primer .....                                       | 116        |
| D. Pendinginan dan Pembekuan Cepat .....                         | 117        |
| E. Pengemasan .....                                              | 117        |
| F. Keamanan Pangan .....                                         | 117        |
| G. Aspek Keberlanjutan dan Efisiensi Energi .....                | 118        |
| 7.4 <i>Smart Cold Storage</i> dan Pusat Distribusi Ikan .....    | 118        |
| A. Peran <i>Cold Storage</i> dalam Rantai Dingin Perikanan ..... | 118        |
| B. Konsep <i>Smart Cold Storage</i> .....                        | 118        |
| C. Fitur Utama <i>Smart Cold Storage</i> .....                   | 119        |
| D. Model <i>Hub-and-Spoke Cold Chain</i> .....                   | 120        |
| E. Pusat Distribusi Ikan Modern .....                            | 121        |
| F. Tantangan dan Arah Pengembangan .....                         | 121        |
| <b>BAB 8 TEKNOLOGI PENANGANAN IKAN HIDUP .....</b>               | <b>123</b> |
| <b>8.1 Penanganan Pascapanen .....</b>                           | <b>123</b> |
| A. Faktor Stres dan Fisiologi Ikan .....                         | 123        |
| B. Tahapan Penanganan Pascapanen .....                           | 124        |
| C. Teknologi Pendukung Penanganan .....                          | 126        |
| D. Implikasi Ekonomi dan Kesehatan Pangan .....                  | 126        |
| 8.2 Penanganan Selama Transportasi .....                         | 127        |
| A. Faktor-Faktor Penting dalam Transportasi Ikan<br>Hidup .....  | 127        |
| B. Metode Transportasi .....                                     | 130        |
| C. Inovasi Teknologi dalam Transportasi .....                    | 131        |
| D. Implikasi Ekonomi dan Kesehatan Pangan .....                  | 132        |
| 8.3 Transportasi Sistem Kering .....                             | 132        |
| A. Prinsip Dasar Transportasi Sistem Kering .....                | 133        |
| B. Teknik dan Bahan yang Digunakan .....                         | 134        |
| C. Keunggulan Sistem Kering .....                                | 135        |
| D. Keterbatasan Sistem Kering .....                              | 135        |
| E. Studi Kasus dan Aplikasi Lapangan .....                       | 136        |
| F. Inovasi Teknologi dalam Sistem Kering .....                   | 136        |
| 8.4 Transportasi Sistem Basah .....                              | 137        |

|                                                                              |            |
|------------------------------------------------------------------------------|------------|
| A. Prinsip Dasar Transportasi Sistem Basah .....                             | 138        |
| B. Klasifikasi Transportasi Basah .....                                      | 139        |
| C. Teknik Pendukung Transportasi Basah.....                                  | 139        |
| D. Keunggulan Sistem Basah .....                                             | 140        |
| E. Keterbatasan Sistem Basah.....                                            | 141        |
| F. Aplikasi Lapangan .....                                                   | 141        |
| G. Inovasi Teknologi.....                                                    | 143        |
| 8.5 Kesimpulan .....                                                         | 143        |
| <b>BAB 9 TEKNOLOGI PENANGANAN RUMPUT LAUT DAN</b>                            |            |
| <b>HASIL PERIKANAN NON-IKAN.....</b>                                         | <b>145</b> |
| <b>9.1 Penanganan Rumput Laut Pascapanen.....</b>                            | <b>145</b> |
| A. Prinsip Dasar Penanganan Pascapanen.....                                  | 145        |
| B. Pemanenan yang Tepat .....                                                | 146        |
| C. Penanganan Segera Setelah Panen .....                                     | 147        |
| D. Teknologi Pengeringan.....                                                | 147        |
| E. Penyimpanan dan Pengemasan .....                                          | 149        |
| F. Tantangan Mutu dan Standarisasi.....                                      | 149        |
| 9.2 Teknologi Pengeringan Modern.....                                        | 150        |
| A. Pentingnya Teknologi Pengeringan Modern .....                             | 151        |
| B. <i>Freeze drying</i> (Pengeringan Beku).....                              | 152        |
| C. <i>Solar Dryer Dome</i> (SDD) .....                                       | 153        |
| D. Perbandingan <i>Freeze Drying</i> dan <i>Solar Dryer Dome</i> .....       | 154        |
| E. Prospek Pengembangan.....                                                 | 155        |
| 9.3 Inovasi Produk Turunan Rumput Laut.....                                  | 155        |
| A. Hidrokolloid: Pilar Industri Pangan dan Non-Pangan....                    | 156        |
| B. Bioplastik Rumput Laut: Alternatif Ramah<br>Lingkungan .....              | 157        |
| C. Produk Farmasi dan Kesehatan .....                                        | 157        |
| D. Kosmetik dan Pewarna Alami .....                                          | 158        |
| E. Prospek dan Tantangan.....                                                | 159        |
| 9.4 Penanganan Hasil Perikanan Lain (Udang, Moluska,<br>Kepiting, dll.)..... | 160        |
| A. Penanganan Udang.....                                                     | 160        |
| B. Penanganan Moluska.....                                                   | 161        |
| C. Penanganan Kepiting.....                                                  | 163        |
| D. Faktor Penentu Keberhasilan Penanganan.....                               | 164        |
| 9.5 Kesimpulan .....                                                         | 165        |
| <b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>                                                   | <b>166</b> |

|                              |            |
|------------------------------|------------|
| <b>INDEKS .....</b>          | <b>179</b> |
| <b>GLOSARIUM .....</b>       | <b>182</b> |
| <b>BIODATA PENULIS .....</b> | <b>189</b> |

## DAFTAR GAMBAR

|                                                                                        |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Gambar 1. Infografis Manfaat Makan Ikan oleh BRSDM KKP.....                            | 2   |
| Gambar 2. Metode <i>Superchilling</i> dari Portugal (Sumber: FAO).....                 | 7   |
| Gambar 3. <i>Slurry Ice</i> .....                                                      | 7   |
| Gambar 4. Rantai ketelusuran di STELINA .....                                          | 9   |
| Gambar 5. Morfologi Ikan.....                                                          | 17  |
| Gambar 6. Warna Daging Ikan .....                                                      | 19  |
| Gambar 7. Berbagai Bentuk Tubuh Ikan .....                                             | 20  |
| Gambar 8. Perbedaan Ikan Segar dan Tidak Segar .....                                   | 24  |
| Gambar 9. Proses biokimiawi yang terjadi setelah ikan mati ....                        | 39  |
| Gambar 10. Diagram skema penciuman manusia dan e-Nose...                               | 46  |
| Gambar 11. Keamanan dan mutu pangan, pendekatan terpadu.....                           | 55  |
| Gambar 12. Kerangka konseptual sistem ketertelusuran ikan .....                        | 67  |
| Gambar 13. <i>Seafood Supply Chain</i> .....                                           | 75  |
| Gambar 14. Metode aplikasi edible film pada produk perikanan. ....                     | 85  |
| Gambar 15. Kapal perikanan tradisional berbahan dasar kayu .....                       | 90  |
| Gambar 16. Kapal perikanan semi-modern berbahan dasar <i>fiberglass</i> .....          | 91  |
| Gambar 17. Palka di kapal perikanan tradisional .....                                  | 92  |
| Gambar 18. Sistem RSW di kapal perikanan modern.....                                   | 94  |
| Gambar 19. Pendinginan ikan dengan es di box styrofoam.....                            | 96  |
| Gambar 20. Desain konsep pressure supply unit (PSU) dan reverse osmosis unit (RO)..... | 99  |
| Gambar 21. Manajemen pengelolaan limbah.....                                           | 101 |
| Gambar 22. Penggunaan hazmat oleh nelayan US.....                                      | 103 |
| Gambar 23. Tempat Pelelangan Ikan Muara Angke, Jakarta Utara.....                      | 109 |
| Gambar 24. Pedagang ikan di Pasar Malabar, Tangerang.....                              | 111 |
| Gambar 25. Penggunaan <i>closed display cabinet</i> .....                              | 112 |
| Gambar 26. Penggunaan APD dan higienitas di industri seafood .....                     | 115 |

|                                                                             |     |
|-----------------------------------------------------------------------------|-----|
| Gambar 27. <i>Point-to-Point vs Hub and Spoke Distribution Models</i> ..... | 120 |
| Gambar 28. Proses aklimatisasi ikan .....                                   | 125 |
| Gambar 29. Penambahan oksigen pada plastik berisi ikan .....                | 128 |
| Gambar 30. Penambahan insulasi dan es untuk mengurangi suhu air .....       | 129 |
| Gambar 31. Aplikasi RAS di tangki pengangkut ikan .....                     | 131 |
| Gambar 32. Drum fiber pengangkut ikan lele .....                            | 140 |
| Gambar 33. Ekspor ikan hias di Thailand .....                               | 142 |
| Gambar 34. Budidaya rumput laut di Bali.....                                | 147 |
| Gambar 35. <i>Solar Dryer Dome</i> untuk pengeringan rumput laut.....       | 149 |
| Gambar 36. Freeze-Dried Seaweed Maesaengi dari Korea Selatan.....           | 151 |
| Gambar 37. Produk udang hasil IQF.....                                      | 161 |
| Gambar 38. Sistem depurasi untuk menghilangkan kontaminan moluska .....     | 162 |
| Gambar 39. Pengikatan capit kepiting.....                                   | 164 |

## DAFTAR TABEL

|                                                                            |     |
|----------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tabel 1. Perbandingan Karakteristik Ikan Segar dan Tidak Segar.....        | 23  |
| Tabel 2. Tren Permintaan Global Produk Perikanan.....                      | 34  |
| Tabel 3. Perbandingan Biokimia Ikan Segar dan Ikan Tidak Segar.....        | 44  |
| Tabel 4. Tujuh Prinsip HACCP .....                                         | 61  |
| Tabel 5. Perbandingan <i>Freeze drying</i> dan <i>Solar Dryer Dome</i> ... | 154 |

# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Pentingnya Penanganan Hasil Perikanan

Perikanan merupakan salah satu sektor strategis yang memiliki peran penting dalam mendukung ketahanan pangan global maupun nasional. Hasil perikanan, terutama ikan, bukan hanya sumber pangan yang bernilai gizi tinggi tetapi juga menjadi komoditas ekonomi yang berdaya saing internasional. Konsumsi ikan berkontribusi besar terhadap pemenuhan kebutuhan protein hewani dunia. Menurut FAO, sekitar 3,3 miliar orang di dunia bergantung pada ikan sebagai sumber utama protein hewani, dengan kontribusi rata-rata lebih dari 20% kebutuhan protein per kapita (Agriculture Organization of the United Nations, 2018).

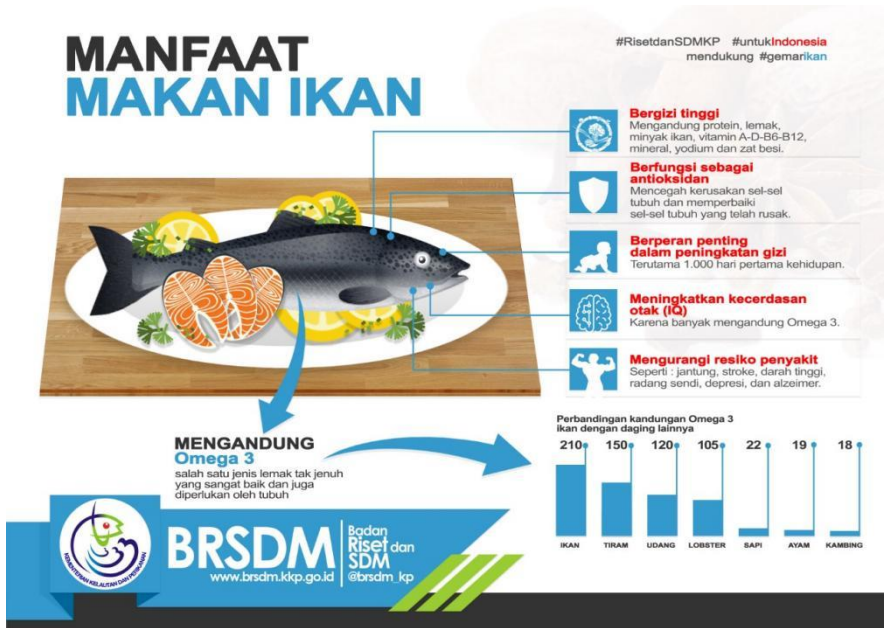
#### A. Fungsi dan Manfaat Ikan bagi Kesehatan

Daging ikan memiliki sejumlah keunggulan dibandingkan sumber protein hewani lainnya. Kandungan protein pada ikan relatif tinggi (15–24%) dan mudah dicerna karena serat ototnya lebih pendek dibandingkan daging sapi atau ayam. Selain itu, ikan kaya akan asam lemak tak jenuh ganda (PUFA) terutama omega-3 (EPA dan DHA) yang berperan dalam menjaga kesehatan jantung, meningkatkan fungsi otak, dan mendukung perkembangan sistem saraf (Mozaffarian & Rimm, 1885).

Ikan juga mengandung vitamin A, D, dan B12 serta mineral penting seperti selenium, kalsium, dan fosfor yang berfungsi sebagai antioksidan, menjaga kesehatan tulang, serta meningkatkan daya tahan tubuh (Gladyshev *et al.*, 2006). Oleh karena itu, peningkatan konsumsi ikan di masyarakat secara

langsung mendukung perbaikan gizi nasional serta pencegahan penyakit degeneratif.

Di Indonesia, konsumsi ikan terus mengalami peningkatan. Data Kementerian Kelautan dan Perikanan (KKP) mencatat bahwa konsumsi ikan nasional pada tahun 2023 mencapai 57,91 kg per kapita per tahun, meningkat dari tahun-tahun sebelumnya. Hal ini menunjukkan kesadaran masyarakat terhadap manfaat ikan semakin tinggi.



**Gambar 1. Infografis Manfaat Makan Ikan oleh BRSDM KKP**  
(Sumber: <https://kkp.go.id/unit-kerja/bppsdkkp>)

## B. Indonesia sebagai Negara Maritim

Sebagai negara kepulauan terbesar di dunia, Indonesia memiliki wilayah laut seluas 6,4 juta km<sup>2</sup> dengan garis pantai lebih dari 95.000 km. Potensi sumber daya perikanan tangkap diperkirakan mencapai 12,5 juta ton per tahun (Arianto, 2020). Kondisi

geografis ini menempatkan Indonesia sebagai salah satu produsen utama perikanan global.

Selain potensi produksi, posisi Indonesia yang berada di jalur perdagangan dunia memberikan keuntungan strategis dalam perdagangan internasional hasil perikanan. Komoditas unggulan seperti tuna, cakalang, tongkol, udang, dan rumput laut menjadi produk ekspor andalan Indonesia. Namun, besarnya potensi ini menghadapi tantangan serius dalam hal penanganan hasil perikanan agar produk tetap terjaga mutunya hingga sampai ke tangan konsumen.

Kendala utama adalah keterbatasan sarana rantai dingin (*cold chain*), terutama di wilayah timur Indonesia seperti Maluku dan Papua yang merupakan sentra perikanan namun minim infrastruktur penyimpanan. Kondisi ini menyebabkan tingginya kerugian Pascapanen, mengurangi nilai ekonomi hasil tangkapan, dan menurunkan daya saing ekspor.

### **C. Kelemahan Ikan yang Mudah Rusak**

Meskipun memiliki nilai gizi tinggi, ikan merupakan komoditas pangan yang sangat mudah rusak (*highly perishable food*). Terdapat beberapa faktor yang menyebabkan ikan cepat mengalami penurunan mutu, antara lain:

- ✓ Kadar air tinggi (65–80%) sehingga menjadi media yang ideal untuk pertumbuhan bakteri pembusuk.
- ✓ Kandungan protein mudah terurai sehingga cepat mengalami autolisis pasca kematian.
- ✓ Enzim proteolitik aktif yang mempercepat proses dekomposisi.
- ✓ Kandungan lemak tak jenuh (PUFA) yang tinggi sehingga rentan mengalami oksidasi lipid (ketengikan).

Dalam kondisi tropis seperti Indonesia, ikan segar dapat menurun mutunya hanya dalam waktu 4–6 jam setelah ditangkap apabila tidak segera dilakukan pendinginan (Huss, 1995). Oleh karena itu, teknologi penanganan hasil perikanan berbasis pendinginan (refrigerasi), pembekuan (*freezing*), hingga rantai dingin modern sangat penting untuk menjaga mutu.

#### **D. Peluang Bisnis di Sektor Penanganan Hasil Perikanan**

Kelemahan ikan yang mudah rusak justru membuka peluang bisnis yang sangat besar. Beberapa sektor yang berkembang pesat antara lain:

- ✓ Industri *cold chain*: meliputi fasilitas *Cold Storage*, transportasi berpendingin, dan pusat distribusi modern.
- ✓ Inovasi pengemasan: teknologi kemasan aktif, *edible coating*, dan *vacuum packaging* untuk memperpanjang umur simpan.
- ✓ Produk olahan modern: seperti fillet beku, surimi, nugget ikan, hingga makanan siap saji berbasis ikan.
- ✓ Digitalisasi dan *Traceability*: penerapan *blockchain* dan *Internet of Things* (IoT) dalam memantau rantai pasok perikanan.

Kementerian Kelautan dan Perikanan (KKP) menawarkan investasi di sisi hilir komoditas kelautan dan perikanan. Selain peluangnya yang terbuka, Fortune Business Insight (2025) memperkirakan market size produk perikanan global menyentuh USD 368,98 miliar pada tahun 2024 dan diproyeksikan tumbuh menjadi USD 651,39 miliar pada tahun 2032, dengan tingkat pertumbuhan tahunan gabungan sebesar 7,72% antara tahun 2025 dan 2032. Indonesia dengan potensi perikanan yang melimpah berpeluang besar menjadi pemain utama apabila mampu memperbaiki teknologi penanganan dan distribusi hasil perikanan.

## E. Kasus di Indonesia dan Global

Di Indonesia, kerugian pascapanen hasil perikanan diperkirakan mencapai 20–30% (Akande & Diei-Ouadi, 2010). Salah satu contoh kasus adalah ekspor tuna ke Uni Eropa dan Jepang yang sempat ditolak karena masalah mutu, kebersihan, dan ketidaksesuaian standar *traceability*. Kasus ini menunjukkan bahwa mutu produk perikanan tidak hanya ditentukan oleh hasil tangkapan, tetapi juga oleh sistem penanganan pascapanen yang diterapkan.

Di tingkat global, Norwegia menjadi contoh sukses negara yang berhasil menjaga mutu produk perikanan, khususnya salmon, melalui penerapan teknologi rantai dingin modern, sensor mutu, dan distribusi berbasis IoT (Føre *et al.*, 2022). Sebaliknya, beberapa negara berkembang di Afrika Barat mengalami kehilangan hasil tangkapan hingga 25% per tahun karena minimnya fasilitas pendinginan (Belhabib *et al.*, 2015). Kasus lain adalah India, yang menghadapi penolakan ekspor udang di pasar Amerika Serikat akibat ditemukannya residu antibiotik yang menunjukkan lemahnya sistem pengawasan mutu (Gnaneshwar *et al.*, 2023).

### 1.2 Peran Teknologi dalam Keamanan Pangan dan Ketahanan Pangan Laut

Perikanan merupakan sektor penting yang tidak hanya menyokong perekonomian nasional, tetapi juga menjadi tumpuan ketahanan pangan dunia. Ikan dan produk laut memiliki kandungan gizi yang sangat tinggi, terutama protein berkualitas, asam lemak omega-3, vitamin, serta mineral esensial. Namun demikian, salah satu tantangan terbesar dalam pengelolaan hasil perikanan adalah sifatnya yang mudah rusak. Proses penurunan mutu pada ikan dapat terjadi hanya dalam hitungan jam setelah ditangkap, terutama di daerah tropis seperti Indonesia. Oleh karena itu, teknologi pascapanen berperan krusial dalam menjaga keamanan pangan, memperpanjang umur simpan, serta

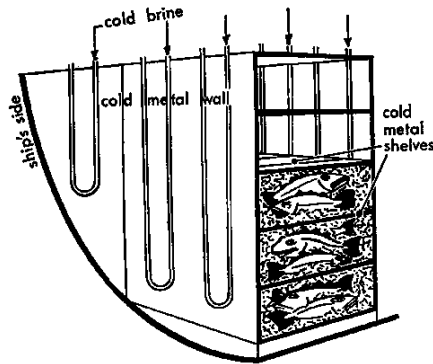
menjamin mutu produk laut agar dapat bersaing di pasar domestik maupun global.

## **A. Transformasi Teknologi Penanganan Hasil Perikanan**

Sebelum berkembangnya teknologi modern, nelayan tradisional di Indonesia umumnya hanya mengandalkan es balok untuk menjaga kesegaran ikan. Walaupun metode ini efektif menurunkan suhu, tetapi seringkali distribusi suhu tidak merata dan umur simpan tetap terbatas. Saat ini, perkembangan teknologi telah menghasilkan berbagai inovasi yang mampu meningkatkan efisiensi penanganan serta mengurangi kerugian pascapanen. Beberapa teknologi utama yang mulai diterapkan antara lain:

### *a. Superchilling*

*Superchilling* adalah metode penyimpanan pada suhu sedikit di bawah titik beku, sehingga sebagian kecil air dalam daging ikan membeku. Kondisi ini dapat menghambat pertumbuhan mikroba sekaligus memperlambat proses enzimatik yang menyebabkan pembusukan. Penelitian menunjukkan bahwa *superchilling* mampu memperpanjang umur simpan ikan hingga 1,5–2 kali lipat dibandingkan dengan pendinginan konvensional (Olafsdottir *et al.*, 2006). Teknologi ini juga terbukti mempertahankan tekstur dan kesegaran ikan, sehingga cocok diterapkan pada produk bernilai tinggi seperti salmon, tuna, maupun kakap merah.



**Gambar 2. Metode *Superchilling* dari Portugal**  
(Sumber: FAO)

#### b. *Slurry Ice*

*Slurry Ice* merupakan campuran antara air laut yang didinginkan dengan partikel es mikro. Sistem ini mampu menurunkan suhu ikan lebih cepat dan merata dibandingkan es balok biasa, sehingga mengurangi kerusakan pada permukaan kulit maupun jaringan ikan. *Slurry ice* sudah banyak digunakan di Norwegia dan Spanyol untuk penanganan ikan tangkapan segar (Aubourg *et al.*, 2007). Di Indonesia, teknologi ini mulai diperkenalkan di sentra tuna seperti Sadeng dan Benoa, meskipun penerapannya masih terbatas karena biaya operasional yang relatif tinggi (Fauzi *et al.*, 2018; Jatmiko *et al.*, 2016).



**Gambar 3. *Slurry Ice***  
(Sumber: <https://saramac.co.jp/technology/slurry-ice/>)

### c. *Cold Chain System* Berbasis IoT

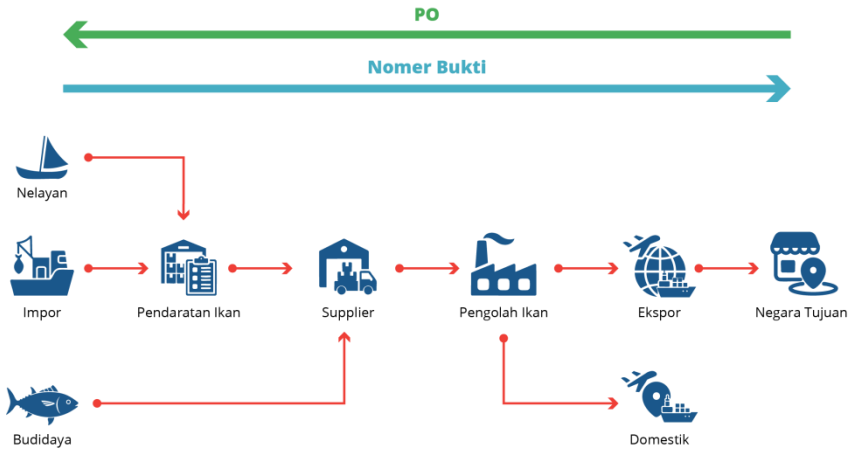
Salah satu revolusi terbesar dalam teknologi pascapanen adalah penerapan *Internet of Things* (IoT) dalam rantai dingin (*cold chain system*). Dengan sensor suhu dan kelembapan yang terhubung secara real-time, produsen dapat memantau kondisi penyimpanan ikan sepanjang perjalanan distribusi. Apabila terjadi penyimpangan suhu, sistem akan memberikan peringatan sehingga tindakan korektif dapat segera dilakukan. Teknologi ini bukan hanya mencegah penurunan mutu, tetapi juga menjamin keamanan pangan bagi konsumen.

Contohnya, beberapa perusahaan eksportir udang di Jawa Timur sudah menggunakan *loggers digital* berbasis IoT untuk kualitas air tambak udang vaname yang diekspor ke Amerika Serikat dan Jepang. Penerapan teknologi ini terbukti menurunkan risiko penolakan produk di pelabuhan tujuan (Alwansyah & Fahrurrozi, 2024).

### d. *Blockchain* dalam *Traceability*

Konsumen global, terutama di Eropa dan Amerika, semakin menuntut transparansi mengenai asal-usul produk pangan yang mereka konsumsi. *Blockchain* memungkinkan pencatatan rantai pasok ikan mulai dari nelayan, proses penanganan, transportasi, hingga sampai ke konsumen akhir. Setiap transaksi dicatat secara permanen, sehingga mengurangi risiko pemalsuan dokumen serta meningkatkan kepercayaan konsumen internasional (Tian, 2016).

Di Indonesia, program STELINA (Sistem Ketertelusuran & Logistik Ikan Nasional) yang dikembangkan oleh KKP merupakan salah satu upaya untuk mengintegrasikan sistem *blockchain* dalam ekspor perikanan. Hal ini penting karena beberapa kali ekspor tuna Indonesia ditolak akibat tidak memenuhi standar *traceability* Uni Eropa (DJPDSPKP KKP, 2025).



**Gambar 4. Rantai ketelusuran di STELINA**  
(Sumber: <https://stelina.kkp.go.id/>)

## B. Teknologi dan Keamanan Pangan Laut

Keamanan pangan (*food safety*) menjadi isu utama dalam perdagangan internasional produk perikanan. Kasus penolakan ekspor udang India ke Amerika Serikat akibat residu antibiotik serta penolakan tuna Indonesia oleh Uni Eropa karena kontaminasi histamin menunjukkan bahwa mutu produk laut sangat ditentukan oleh sistem penanganan pascapanen (Okocha *et al.*, 2018; Amico *et al.*, 2018).

Penerapan teknologi seperti *superchilling*, *slurry ice*, IoT, dan *blockchain* bukan hanya menjaga mutu sensorik (kesegaran, warna, tekstur), tetapi juga mengurangi risiko mikroba patogen seperti *Listeria monocytogenes*, *Salmonella* spp., maupun kontaminasi kimia. Dengan demikian, teknologi ini mendukung standar *Hazard Analysis and Critical Control Points* (HACCP) yang menjadi acuan global dalam sistem keamanan pangan.

### C. Teknologi untuk Mendukung Ketahanan Pangan Laut

Ketahanan pangan laut tidak hanya terkait dengan ketersediaan ikan, tetapi juga bagaimana menjaga mutu, nilai gizi, dan aksesibilitas produk hingga sampai ke konsumen. FAO memperkirakan sekitar 35% hasil tangkapan ikan dunia hilang atau terbuang akibat kerugian pascapanen (Agriculture Organization of the United Nations, 2018). Di Indonesia, angka kerugian ini mencapai 20–30% terutama karena keterbatasan *cold chain* di daerah timur (Akande & Diei-Ouadi, 2010).

Dengan penerapan teknologi penanganan modern, Indonesia memiliki peluang besar untuk menekan kerugian tersebut sekaligus meningkatkan nilai tambah. Produk olahan beku, surimi, fillet siap masak, hingga makanan siap saji berbasis ikan menjadi solusi untuk memperluas pasar domestik dan global. Selain itu, penerapan *smart cold chain* berbasis IoT dapat meningkatkan efisiensi distribusi, sehingga mendukung tercapainya ketahanan pangan nasional.

### D. Kasus Global dan Implikasi bagi Indonesia

Secara global, negara-negara maju telah menunjukkan keberhasilan dalam mengintegrasikan teknologi pascapanen. Norwegia misalnya, berhasil menjadikan salmon sebagai komoditas unggulan berkat penerapan *superchilling*, *slurry ice*, dan distribusi berbasis IoT yang menjaga mutu hingga sampai ke konsumen Jepang dan Amerika (Føre *et al.*, 2022). Sebaliknya, negara-negara berkembang di Afrika Barat masih kehilangan hingga 25% hasil tangkapan setiap tahun karena minimnya teknologi pendinginan (Belhabib *et al.*, 2015).

Bagi Indonesia, keberhasilan ekspor tuna dan udang sangat bergantung pada kemampuan menjaga mutu dan keamanan pangan. Penerapan teknologi modern menjadi keharusan agar produk perikanan Indonesia dapat bersaing dengan produk dari

Norwegia, Vietnam, dan Thailand yang lebih maju dalam sistem *cold chain* dan *traceability*.

### 1.3 Isu Global: *Sustainability*, *Blue Economy*, dan *SDGs*

Dalam era globalisasi, penanganan hasil perikanan tidak bisa lagi dipandang sebatas aktivitas teknis untuk menjaga mutu dan memperpanjang umur simpan. Perkembangan isu lingkungan, ekonomi, dan sosial telah membawa perubahan besar pada cara dunia melihat sektor perikanan. Isu global seperti *Sustainability* (keberlanjutan), *Blue Economy* (ekonomi biru), dan *Sustainable Development Goals* (SDGs) menjadi rujukan utama dalam menentukan arah kebijakan dan praktik di lapangan. Oleh karena itu, mahasiswa dan praktisi perikanan perlu memahami bagaimana teknologi penanganan hasil perikanan terhubung erat dengan agenda global tersebut.

#### A. *Sustainability* (Keberlanjutan)

Keberlanjutan adalah prinsip bahwa sumber daya laut harus dikelola secara bijaksana sehingga dapat dimanfaatkan oleh generasi sekarang tanpa mengorbankan hak generasi mendatang. Dalam konteks penanganan hasil perikanan, keberlanjutan memiliki implikasi yang sangat luas.

Pertama, penanganan hasil perikanan yang buruk seringkali menyebabkan kerugian pascapanen dalam jumlah besar. Di Indonesia, kerugian ini mencapai 20–30%, terutama di kawasan Indonesia Timur yang masih minim fasilitas rantai dingin. Jika kerugian ini dapat ditekan, maka tekanan terhadap ekosistem laut akibat penangkapan berlebih bisa dikurangi.

Kedua, keberlanjutan juga berarti menggunakan teknologi ramah lingkungan dalam penanganan. Misalnya, penggunaan *solar Cold Storage* di beberapa daerah pesisir Indonesia bukan hanya membantu nelayan kecil mengawetkan ikan lebih lama, tetapi juga menekan konsumsi energi fosil (Mehmood *et al.*, 2024). Di

Afrika Timur, program serupa telah terbukti mampu mengurangi emisi karbon sekaligus meningkatkan pendapatan nelayan tradisional (Otieno & Awange, 2006).

Ketiga, limbah hasil perikanan tidak lagi dianggap sebagai sampah, melainkan sumber daya. Kulit, tulang, dan kepala ikan dapat diolah menjadi kolagen, minyak ikan, tepung ikan, hingga pupuk organik. Prinsip ini dikenal sebagai *circular economy*, yaitu pemanfaatan kembali limbah untuk mengurangi jejak lingkungan. Penelitian di Jepang menunjukkan bahwa limbah pengolahan tuna dapat diubah menjadi bioplastik ramah lingkungan yang memiliki potensi pasar tinggi (Nagai & Suzuki, 2000).

## **B. Blue Economy (Ekonomi Biru)**

Ekonomi biru adalah paradigma pembangunan yang berupaya menyeimbangkan pemanfaatan sumber daya laut dengan pelestarian ekosistem. Bagi sektor pascapanen perikanan, ekonomi biru memiliki beberapa makna penting.

Pertama, teknologi penanganan yang baik akan mengurangi *food loss*. Setiap kilogram ikan yang tidak terbuang berarti peningkatan nilai ekonomi bagi nelayan maupun pelaku industri. Misalnya, penerapan teknologi *slurry ice* di terbukti mampu meningkatkan daya simpan ikan hingga 3–4 hari lebih lama dibanding es konvensional, yang berdampak langsung pada peningkatan harga jual (Ntchimani *et al.*, 2023).

Kedua, ekonomi biru mendorong inovasi produk. Perikanan tidak lagi hanya menghasilkan ikan segar, tetapi juga produk bernilai tambah seperti fillet beku siap masak, surimi, nugget ikan, dan bioplastik berbasis rumput laut. Produk-produk ini bukan hanya memperpanjang umur simpan, tetapi juga membuka peluang ekspor ke pasar premium seperti Jepang, Amerika, dan Uni Eropa (Gonçalves & Kaiser, 2011).

Ketiga, ekonomi biru membuka peluang kerja baru. Di Norwegia, industri salmon tidak hanya melibatkan nelayan, tetapi juga ribuan pekerja di bidang logistik, teknologi pendinginan, pengolahan, dan riset. Di Indonesia, konsep ini sejalan dengan upaya menjadikan negara sebagai poros maritim dunia, di mana laut bukan hanya sumber pangan, tetapi juga pusat pertumbuhan ekonomi.

### ***C. Sustainable Development Goals (SDGs)***

SDGs adalah agenda pembangunan global yang ditetapkan oleh Perserikatan Bangsa-Bangsa (PBB) untuk dicapai pada tahun 2030. Setidaknya terdapat tiga tujuan yang sangat erat kaitannya dengan penanganan hasil perikanan:

- ✓ **SDG 2 (*Zero Hunger*):** Produk perikanan kaya akan protein, asam lemak omega-3, vitamin, dan mineral yang sangat penting untuk mengatasi masalah malnutrisi. Di Indonesia, program Gerakan Memasyarakatkan Makan Ikan (GEMARIKAN) diluncurkan untuk meningkatkan konsumsi ikan sebagai strategi menekan angka *stunting*. Dengan teknologi penanganan yang baik, distribusi ikan ke daerah terpencil bisa lebih lancar, sehingga akses masyarakat terhadap gizi berkualitas semakin merata.
- ✓ **SDG 12 (*Responsible Consumption and Production*):** Penanganan ikan yang tepat mengurangi kerugian pascapanen dan limbah pangan. Contohnya, penerapan *cold chain system* berbasis IoT memungkinkan produsen memantau suhu penyimpanan secara *real-time*. Hal ini mencegah penurunan mutu ikan selama distribusi dan mengurangi potensi penolakan produk di pasar ekspor.
- ✓ **SDG 14 (*Life Below Water*):** Teknologi ramah lingkungan seperti *solar Cold Storage*, pemanfaatan limbah, dan sistem *traceability* berbasis *blockchain* mendukung pengelolaan sumber daya laut yang berkelanjutan. Uni Eropa bahkan telah mewajibkan sistem ketertelusuran

untuk semua produk perikanan impor, yang mendorong negara eksportir termasuk Indonesia untuk beradaptasi.

Di Indonesia, kasus penolakan ekspor tuna ke Uni Eropa akibat tingginya kandungan histamin menunjukkan bahwa aspek penanganan pascapanen memiliki konsekuensi besar terhadap akses pasar internasional (Borit & Santos, 2015). Hal ini mendorong Kementerian Kelautan dan Perikanan (KKP) untuk mengembangkan sistem STELINA (Sistem Ketertelusuran & Logistik Ikan Nasional) yang memadukan prinsip keberlanjutan, ekonomi biru, dan standar SDGs.

## 1.4 Kesimpulan

Ikan merupakan komoditas pangan strategis dengan nilai gizi tinggi yang berperan penting dalam kesehatan masyarakat dan ketahanan pangan. Sebagai negara maritim, Indonesia memiliki peluang besar untuk menjadi pemain utama dalam bisnis perikanan global. Namun, sifat ikan yang mudah rusak menjadikan penanganan pascapanen sebagai faktor kunci dalam menjaga mutu, keamanan, dan daya saing produk.

Penerapan teknologi modern seperti *cold chain system*, *superchilling*, *slurry ice*, serta digitalisasi rantai pasok melalui IoT dan *blockchain* sangat penting untuk memperpanjang umur simpan, mengurangi kerugian, dan membuka akses pasar internasional. Lebih jauh, pengembangan teknologi tidak hanya mendukung peningkatan nilai tambah produk, tetapi juga sejalan dengan isu global: *sustainability*, *blue economy*, dan SDGs.

Dengan mengintegrasikan inovasi teknologi dan prinsip keberlanjutan, Indonesia memiliki peluang besar untuk memperkuat posisi sebagai poros maritim dunia, meningkatkan kesejahteraan masyarakat pesisir, serta menjawab tantangan ketahanan pangan dan perdagangan perikanan global.

## BAB 2

# IKAN SEBAGAI BAHAN BAKU

### 2.1 Bentuk dan Morfologi Ikan

Pemahaman mengenai bentuk morfologi, sifat organoleptik, komposisi biokimia, dan faktor yang memengaruhi mutu menjadi dasar penting dalam proses penanganan hasil perikanan. Tren global yang mengarah pada produk bernilai tambah, keamanan pangan, keberlanjutan, dan digitalisasi pasar membuka peluang besar bagi Indonesia untuk memperkuat perannya sebagai produsen dan eksportir utama produk perikanan dunia.

#### A. Definisi Ikan

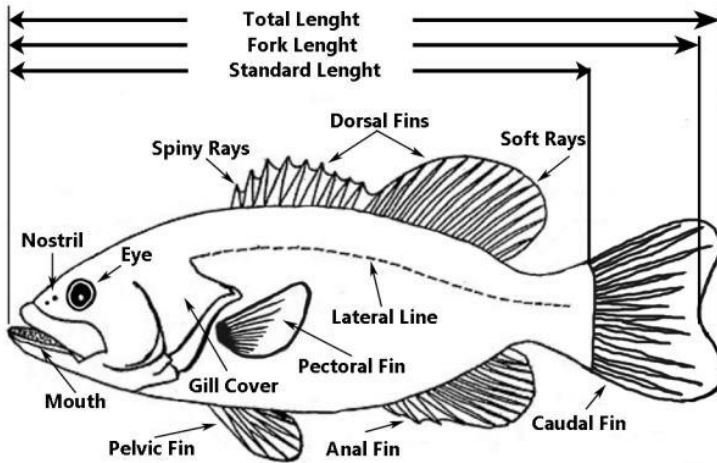
Dalam konteks perikanan, istilah ikan tidak hanya merujuk pada organisme yang secara biologis termasuk dalam kelompok Pisces, melainkan juga mencakup berbagai jenis organisme akuatik lain yang memiliki nilai ekonomis. Menurut Undang-Undang Nomor 45 Tahun 2009, serta dijabarkan dalam berbagai regulasi turunan seperti Peraturan Menteri Kelautan dan Perikanan, ikan didefinisikan sebagai *“segala jenis organisme yang seluruh atau sebagian dari siklus hidupnya berada di dalam lingkungan perairan”* (Kementerian Kelautan dan Perikanan, 2009). Definisi ini mencakup tidak hanya ikan bersirip yang umum dikenal masyarakat, tetapi juga berbagai organisme lain seperti udang, kepiting, kerang, cumi-cumi, gurita, teripang, hingga bulu babi. Cakupan yang luas tersebut dimaksudkan agar kebijakan pengelolaan perikanan di Indonesia mampu mengakomodasi seluruh potensi sumber daya hayati akuatik yang bernilai ekonomi tinggi.

Sementara itu, definisi ikan dalam literatur internasional seringkali menggunakan pendekatan biologis. Clucas (1981) mendefinisikan ikan sebagai vertebrata berdarah dingin yang hidup di air, bernafas dengan insang, dan umumnya memiliki sisik. Namun, Clucas juga menekankan bahwa dalam konteks teknologi hasil perikanan, istilah “ikan” sering diperluas untuk mencakup organisme akuatik lain yang ditangkap dan dimanfaatkan sebagai bahan pangan, seperti krustasea, moluska, dan ekinodermata. Dengan demikian, meskipun pendekatan Clucas berangkat dari definisi biologis, pada praktiknya ia mengakui adanya penggunaan istilah ikan dalam arti yang lebih luas, sejalan dengan kebutuhan industri perikanan dan perdagangan hasil laut global.

## B. Struktur Tubuh Ikan

Ikan merupakan organisme akuatik yang termasuk dalam vertebrata, dengan tubuh yang umumnya terdiri dari tiga bagian utama: kepala, badan, dan ekor. Bagian kepala mencakup organ vital seperti mata, mulut, dan insang. Insang berfungsi sebagai organ pernapasan yang memungkinkan ikan mengambil oksigen terlarut di air dan membuang karbon dioksida (Bone & Moore, 2008). Insang juga memiliki peran penting dalam menjaga keseimbangan ion dan osmoregulasi, terutama bagi ikan yang hidup di lingkungan berbeda kadar salinitasnya (ikan air tawar vs. ikan laut).

Bagian badan ikan dilengkapi dengan sirip-sirip yang memiliki fungsi spesifik. Sirip punggung (*dorsal fin*) menjaga keseimbangan, sirip dada (*pectoral fins*) membantu pergerakan lateral, sirip perut (*pelvic fins*) menjaga stabilitas, dan sirip dubur (*anal fin*) membantu mengendalikan arah. Sementara itu, bagian ekor dengan sirip kaudal (*caudal fin*) berperan sebagai pendorong utama dalam pergerakan renang (Helfman *et al.*, 2009).



**Gambar 5. Morfologi Ikan**  
(Sumber: <https://www.penyelaman.com/>)

Keterangan :

- Eye : mata  
Mouth : mulut  
Nostril : lobang hidung  
Gill cover : penutup insang atau alat pernafasan ikan  
Pelvic fin : sirip perut  
Pectoral fin : sirip dada  
Lateral line : gurat sisi / garis yang dimulai tutup insang ke ekor  
Caudal fin : sirip ekor

### C. Otot dan Daging Ikan

Daging ikan tersusun atas serat otot yang relatif pendek, hanya sekitar 3–10 cm, jauh lebih pendek dibandingkan serat otot pada daging mamalia. Serat otot ini tersusun dalam blok-blok bernama *myotome*, yang dipisahkan oleh jaringan ikat tipis yang disebut

*myosepta* (Huss, 1995). Karakteristik ini membuat daging ikan lebih empuk, mudah dikunyah, dan lebih mudah dicerna oleh sistem pencernaan manusia.

Namun, struktur ini juga menyebabkan ikan lebih rentan terhadap kerusakan pascapanen. Jaringan ikat yang tipis dan rendah kolagen membuat daging cepat mengalami degradasi enzimatis dan mikrobiologis. Proses autolisis, yaitu kerusakan akibat aktivitas enzim internal, dapat berlangsung segera setelah ikan mati, terutama jika tidak ditangani dengan pendinginan yang memadai (Bremner, 2002).

#### **D. Variasi Morfologi: Ikan Berdaging Putih dan Merah**

Dari sisi morfologi dan komposisi otot, ikan dapat dibedakan menjadi ikan berdaging putih (*white fish*) dan ikan berdaging merah (*red fish*).

- ✓ Ikan berdaging putih, misalnya kakap, kerapu, dan cod, memiliki otot putih dengan kandungan mioglobin rendah. Otot ini dominan digunakan untuk aktivitas singkat dan cepat, sehingga cocok diolah menjadi fillet, nugget ikan, atau produk surimi.
- ✓ Ikan berdaging merah, seperti tuna, tongkol, dan salmon, memiliki otot dengan kadar mioglobin tinggi. Mioglobin berperan sebagai pengikat oksigen dalam otot, sehingga daging berwarna merah kehitaman. Jenis ini banyak dipasarkan dalam bentuk steak, sashimi, maupun produk olahan premium bernilai tinggi (Pigott & Tucker, 2017).

Perbedaan morfologi ini juga memengaruhi daya simpan. Ikan berdaging merah cenderung lebih cepat mengalami oksidasi lemak (*rancidity*) karena kandungan asam lemak tak jenuh ganda (PUFA) yang tinggi. Hal ini menuntut penanganan pascapanen yang lebih cermat, seperti penggunaan kemasan atmosfer termodifikasi (MAP) atau penyimpanan pada suhu *Superchilling*.



**Gambar 6. Warna Daging Ikan**  
(Sumber: <https://fultonfishmarket.com/>)

### **E. Signifikansi Morfologi dalam Industri Perikanan**

Pemahaman terhadap morfologi ikan sangat penting dalam menentukan **teknologi pengolahan dan strategi pemasaran**. Industri pengolahan memerlukan ikan dengan bentuk tubuh dan jenis daging yang sesuai dengan produk akhir.

- ✓ Ikan berbentuk pipih dengan sedikit duri, seperti kakap dan nila, lebih mudah diolah menjadi produk fillet.
- ✓ Ikan kecil dengan kandungan otot rendah, seperti teri dan sarden, lebih cocok untuk pengolahan tradisional seperti pengeringan, penggaraman, dan pengalengan.
- ✓ Ikan besar seperti tuna dan salmon memiliki nilai ekonomi tinggi, sehingga dipasarkan dalam bentuk premium (sashimi, steak, *frozen loin*).

Dalam konteks perdagangan global, morfologi dan kualitas daging menjadi pertimbangan utama bagi negara importir. Jepang, misalnya, memiliki standar ketat terhadap mutu tuna

sashimi, yang meliputi warna daging, tekstur, dan kandungan lemak. Hal ini menunjukkan bahwa karakteristik morfologi ikan bukan hanya aspek biologis, tetapi juga faktor ekonomi yang menentukan daya saing.



a. Ikan kakap (pipih sedikit duri) (Sumber: <https://www.alodokter.com/>)



b. Ikan teri (kecil) (Sumber: <https://resepkoki.id/>)



c. Ikan tuna (besar) (Sumber: Shutterstock/Abdul Razak Latif)

**Gambar 7.** Berbagai Bentuk Tubuh Ikan

## F. Kasus di Indonesia

Indonesia, sebagai negara dengan keanekaragaman hayati laut tinggi, memiliki lebih dari 12.000 spesies ikan. Dari jumlah tersebut, sekitar 1.100 spesies memiliki nilai ekonomis penting. Beberapa contoh spesies unggulan Indonesia antara lain:

- ✓ Tuna sirip kuning (*yellowfin tuna*) → ekspor utama ke Jepang dan Eropa.
- ✓ Kakap merah (*Lutjanus spp.*) → populer di pasar domestik dan ekspor.
- ✓ Ikan patin (*Pangasius spp.*) → hasil budidaya yang menjadi pesaing produk Vietnam di pasar internasional.

Namun, Indonesia masih menghadapi kendala pascapanen, terutama terkait kerusakan daging akibat distribusi yang tidak didukung rantai dingin memadai. Kerugian pascapanen diperkirakan mencapai 20–25% dari hasil tangkapan karena penurunan mutu morfologi dan tekstur daging selama transportasi.

## 2.2 Sifat Organoleptik Ikan

### A. Definisi dan Pentingnya Sifat Organoleptik

Sifat organoleptik merupakan parameter mutu ikan yang dapat dinilai secara langsung menggunakan pancaindra, yaitu melalui pengamatan visual, penciuman, perabaan, bahkan pencicipan dalam kondisi tertentu. Aspek yang diperhatikan meliputi penampakan, bau, tekstur, dan rasa, yang secara umum dapat menggambarkan tingkat kesegaran serta kelayakan ikan untuk dikonsumsi atau diolah lebih lanjut (Huss, 1995).

Dalam rantai pascapanen, uji organoleptik menjadi titik awal penilaian mutu sebelum dilakukan analisis kimia atau mikrobiologi yang lebih mendetail. Hal ini penting karena ikan adalah komoditas yang sangat mudah mengalami kerusakan

akibat kandungan air yang tinggi (70–80%), pH netral, serta kandungan protein dan asam lemak tak jenuh yang mudah teroksidasi (Suwetja, 2010). Oleh sebab itu, penilaian cepat melalui organoleptik menjadi metode paling praktis di lapangan, baik bagi nelayan, pedagang, maupun industri pengolahan.

## **B. Karakteristik Ikan Segar**

Ikan yang masih segar umumnya menunjukkan ciri-ciri fisik yang khas. Mata terlihat jernih, menonjol, dan kornea transparan. Insang berwarna merah cerah dengan lendir bening, menandakan aliran darah dan kondisi jaringan yang masih baik. Kulit tampak mengilap dengan sisik yang melekat kuat, sedangkan daging terasa kenyal dan elastis jika ditekan dengan jari. Aroma yang muncul adalah bau segar khas laut atau rumput laut, bukan bau busuk atau amis menyengat (Clucas & Ward, 1996).

Kesegaran ini berhubungan dengan proses biokimia pascapanen. Segera setelah ikan mati, terjadi perubahan fisiologis seperti penurunan oksigen, peningkatan produksi asam laktat, serta dimulainya proses *rigor mortis*. Ikan yang ditangani dengan baik (misalnya segera didinginkan dengan es) dapat mempertahankan kondisi segar lebih lama, biasanya 1–2 hari pada suhu ruang tropis, atau 7–14 hari dengan penanganan rantai dingin yang tepat (Huss, 1995).

## **C. Karakteristik Ikan Tidak Segar**

Sebaliknya, ikan yang mulai rusak atau tidak segar memperlihatkan tanda-tanda yang jelas. Mata menjadi keruh, tenggelam, dan pupil keabu-abuan. Insang berubah warna menjadi cokelat atau abu-abu disertai lendir tebal. Bau yang muncul adalah aroma asam, busuk, atau menyengat akibat aktivitas bakteri pembusuk seperti *Pseudomonas*, *Shewanella*, dan *Vibrio* (Gram & Huss, 1996). Daging terasa lembek, mudah sobek, dan kehilangan elastisitas. Pada tahap lebih lanjut, kulit

terlihat kusam, sisik mudah lepas, bahkan muncul lendir kehijauan.

Kerusakan mutu ikan ini erat kaitannya dengan proses autolisis enzimatis dan pertumbuhan mikroba. Enzim proteolitik dari jaringan ikan sendiri memecah protein menjadi senyawa sederhana, sedangkan aktivitas mikroba menghasilkan senyawa volatil seperti trimetilamina (TMA), amonia, dan hidrogen sulfida yang menyebabkan bau busuk khas (Suwetja, 2011).

**Tabel 1. Perbandingan Karakteristik Ikan Segar dan Tidak Segar**

| <b>Parameter</b>         | <b>Ikan Segar</b>                     | <b>Ikan Tidak Segar</b>                                |
|--------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------------------------|
| <b>Mata</b>              | Jernih, cembung, kornea transparan    | Keruh, tenggelam, pupil keabu-abuan                    |
| <b>Insang</b>            | Merah cerah, lembab, lendir bening    | Cokelat/abu-abu, berlendir tebal, berbau               |
| <b>Kulit &amp; Sisik</b> | Mengkilap, sisik melekat kuat         | Kusam, sisik mudah lepas                               |
| <b>Aroma</b>             | Segar, seperti laut/rumput laut       | Asam, busuk, menyengat (TMA, amonia, H <sub>2</sub> S) |
| <b>Daging</b>            | Kenyal, elastis, kembali saat ditekan | Lembek, mudah robek, tidak elastis                     |
| <b>Lendir</b>            | Tipis, transparan                     | Tebal, kehijauan, berbau                               |
| <b>Umur Simpan</b>       | 1–2 hari pada suhu ruang tropis; 7–14 | <1 hari di suhu ruang; lebih cepat                     |

| Parameter | Ikan Segar                                                | Ikan Tidak Segar                                    |
|-----------|-----------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|
|           | hari dengan pendinginan                                   | rusak tanpa pendinginan                             |
| pH        | 6,0–6,5 (netral-sedikit asam, pasca <i>rigor mortis</i> ) | >6,8 akibat aktivitas mikroba dan degradasi protein |

**Sumber:** Huss (1995); Clucas & Ward (1996); Gram & Huss (1996).



**Gambar 8.** Perbedaan Ikan Segar dan Tidak Segar  
(Sumber: <https://www.scribd.com/>)

## D. Relevansi dalam Industri dan Konsumsi

Bagi Indonesia yang merupakan negara maritim dengan potensi perikanan besar, pemahaman terhadap sifat organoleptik ikan sangat penting. Konsumen di pasar tradisional maupun modern umumnya masih menilai kualitas ikan berdasarkan tampilan fisik dan bau. Di sisi lain, industri pengolahan menjadikan uji organoleptik sebagai *Quality Control* (QC) tahap awal sebelum dilakukan uji laboratorium.

Contoh nyata di Indonesia adalah program standarisasi mutu ikan segar melalui Standar Nasional Indonesia (SNI 2729:2013 tentang Ikan Segar) yang menggunakan parameter organoleptik sebagai salah satu dasar penilaian. Secara global, organisasi seperti FAO dan WHO juga menekankan pentingnya uji sensorik sebagai metode cepat dalam sistem jaminan mutu dan keamanan pangan.

## 2.3 Komposisi Biokimia Ikan

Komposisi biokimia ikan merupakan salah satu faktor utama yang menentukan nilai gizi, daya cerna, cita rasa, dan tingkat kesegaran. Komposisi ini bervariasi antar spesies, umur, jenis kelamin, habitat, musim, serta metode penangkapan. Secara umum, tubuh ikan terdiri atas air, protein, lemak, karbohidrat, vitamin, mineral, serta senyawa non-protein nitrogen (NPN) yang berperan dalam metabolisme maupun dalam menentukan karakteristik pascapanen (Huss, 1995; Clucas & Ward, 1996).

Komponen-komponen tersebut menjadikan ikan bukan hanya sebagai bahan pangan bernilai gizi tinggi, tetapi juga sebagai komoditas yang sangat mudah rusak. Kandungan air yang tinggi, pH mendekati netral, serta adanya senyawa NPN seperti glikogen, urea, dan TMAO menjadi substrat ideal bagi pertumbuhan mikroba maupun reaksi enzimatik pascapanen (Suwetja, 2011).

## A. Komponen Utama Biokimia Ikan

### a. Air (65–80%)

Kandungan air yang tinggi menjadikan ikan cepat mengalami pembusukan. Air pada jaringan otot ikan juga memiliki aktivitas air (*aw*) yang mendekati 0,98–0,99, kondisi ideal bagi pertumbuhan bakteri pembusuk seperti *Pseudomonas* dan *Shewanella* (Gram & Huss, 1996). Perbedaan kadar air terlihat jelas antara ikan pelagis dan ikan demersal, di mana ikan dengan kadar lemak tinggi biasanya memiliki kadar air lebih rendah.

### b. Protein (15–24%)

Protein ikan berkualitas tinggi, mengandung hampir semua asam amino esensial seperti lisin, metionin, dan treonin. Keunggulan lain adalah daya cernanya yang mencapai 95% sehingga sangat baik bagi semua kelompok umur, termasuk anak-anak dan lansia (Suwetja, 2010). Protein ikan juga berperan dalam membentuk tekstur daging. Penurunan mutu sering ditandai dengan degradasi protein oleh enzim endogen dan mikroba menjadi senyawa volatil seperti amonia dan trimetilamina (TMA).

### c. Lemak (0,5–20%)

Kandungan lemak sangat bervariasi. Ikan pelagis besar seperti tuna, salmon, dan makarel memiliki kadar lemak tinggi yang kaya asam lemak tak jenuh ganda (PUFA), terutama EPA (*eicosapentaenoic acid*) dan DHA (*docosahexaenoic acid*). Lemak ini terbukti bermanfaat untuk kesehatan jantung, perkembangan otak, dan pencegahan penyakit degeneratif (Calder, 2015). Namun, lemak ikan juga mudah mengalami oksidasi lipid yang dapat menimbulkan bau tengik jika penanganan tidak tepat.

d. Karbohidrat (<1%)

Kandungan karbohidrat pada ikan relatif rendah. Bentuk utama karbohidrat yang terdapat dalam jaringan otot adalah glikogen, namun kadarnya jauh lebih rendah dibandingkan hewan darat. Glikogen pada ikan cepat terurai setelah kematian, menghasilkan asam laktat yang menyebabkan penurunan pH dan memicu proses *rigor mortis*. Oleh karena itu, kadar glikogen sangat berpengaruh terhadap tekstur dan umur simpan ikan (Suwetja, 2010).

e. Senyawa Non-Protein Nitrogen (NPN): Ikan memiliki kandungan NPN lebih tinggi dibandingkan hewan darat. Senyawa-senyawa ini antara lain:

- ✓ Urea → banyak ditemukan pada ikan laut dalam dan hiu. Urea dapat terurai menjadi amonia, yang menjadi indikator awal kerusakan ikan.
- ✓ Trimetilamin Oksida (TMAO) → senyawa osmoregulator khas pada ikan laut. Pascapanen, TMAO direduksi oleh bakteri menjadi trimetilamina (TMA), penyebab bau amis menyengat pada ikan yang tidak segar (Huss, 1995).
- ✓ Asam amino bebas (*free amino acids*) → berkontribusi terhadap rasa umami (misalnya glutamat dan aspartat), tetapi juga menjadi substrat pertumbuhan mikroba.

f. Vitamin dan Mineral

Ikan kaya akan vitamin larut lemak (A, D, E, K) serta vitamin B kompleks (B6, B12, niasin). Mineral yang terkandung antara lain kalsium, fosfor, magnesium, besi, yodium, dan selenium. Kandungan yodium pada ikan laut berperan penting dalam mencegah penyakit gondok, sedangkan selenium bermanfaat sebagai antioksidan alami (Oehlenschläger, 2012).

## B. Peran Komposisi Biokimia dalam Kerusakan Ikan

Kerusakan ikan pascapanen sangat erat kaitannya dengan komposisi biokimianya. Beberapa faktor penting meliputi:

- ✓ Kandungan air tinggi → mempercepat pertumbuhan bakteri pembusuk.
- ✓ Protein dan asam amino bebas → menjadi substrat enzimatik dan mikroba, menghasilkan senyawa volatil seperti amonia, TMA, dan H<sub>2</sub>S.
- ✓ Lemak tak jenuh → rentan oksidasi, menimbulkan bau tengik.
- ✓ Glikogen rendah → menyebabkan ikan lebih cepat masuk *rigor mortis* dan teksturnya mudah rusak.
- ✓ Urea dan TMAO → ketika terurai menghasilkan bau busuk khas ikan tidak segar.

Dengan demikian, komposisi biokimia ikan merupakan faktor fundamental yang menentukan umur simpan, mutu organoleptik, dan keamanan pangan.

## C. Studi Kasus: Indonesia dan Global

Di Indonesia, kasus penurunan mutu ikan tongkol (*Euthynnus affinis*) sering dilaporkan akibat tingginya kandungan lemak tak jenuh yang cepat mengalami oksidasi jika tidak segera didinginkan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tanpa pendinginan, mutu organoleptik ikan tongkol menurun drastis hanya dalam 12–18 jam setelah pendaratan (Norita *et al.*, 2019).

Secara global, pada ikan kod (*Gadus morhua*), tingginya kandungan TMAO menyebabkan bau busuk khas jika rantai dingin terputus. Penelitian FAO melaporkan bahwa perbedaan spesies sangat menentukan laju pembusukan, di mana ikan laut dalam lebih cepat mengalami perubahan bau akibat reduksi TMAO dibandingkan ikan air tawar (Huss, 1995).

## 2.4 Faktor yang Mempengaruhi Mutu Bahan Baku

Secara umum, faktor yang memengaruhi mutu ikan dapat dikelompokkan menjadi dua, yaitu faktor intrinsik yang berasal dari kondisi ikan itu sendiri, dan faktor ekstrinsik yang dipengaruhi oleh lingkungan serta cara penanganan pascapanen (Clucas & Ward, 1996). Pemahaman kedua aspek ini penting agar strategi penanganan dapat dilakukan secara tepat untuk menjaga kualitas ikan dari hulu hingga hilir rantai pasok.

### A. Faktor Intrinsik

Faktor intrinsik adalah karakteristik internal ikan yang memengaruhi mutu daging serta daya simpan. Beberapa aspek penting antara lain:

#### a. Spesies Ikan

Setiap spesies memiliki komposisi biokimia berbeda. Ikan pelagis besar seperti tuna dan makarel memiliki kadar lemak tinggi sehingga lebih rentan terhadap oksidasi lipid, sedangkan ikan demersal cenderung memiliki kadar lemak lebih rendah tetapi kadar air lebih tinggi (Oehlenschläger, 2012).

#### b. Umur dan Ukuran

Ikan muda umumnya memiliki tekstur daging lebih lembut dengan kandungan air lebih tinggi, sementara ikan dewasa memiliki serabut otot lebih padat. Hal ini berpengaruh pada tekstur produk akhir serta ketahanannya terhadap kerusakan.

#### c. Kondisi Fisiologis

Ikan yang sedang memasuki masa reproduksi (memijah) memiliki kualitas daging yang menurun karena cadangan energi lebih banyak dialihkan ke gonad. Akibatnya, otot ikan menjadi lebih lembek dan kandungan lemaknya berkurang (Suwetja, 2011).

d. Komposisi Biokimia

- ✓ Glikogen rendah → mempercepat terjadinya *rigor mortis*.
- ✓ TMAO pada ikan laut → mudah terurai menjadi TMA (bau amis).
- ✓ Urea pada elasmobranchii (hiu, pari) → terurai menjadi amonia.  
Faktor-faktor ini menjadikan ikan lebih cepat mengalami perubahan organoleptik dibandingkan daging hewan darat (Huss, 1995).

**B. Faktor Ekstrinsik**

Faktor ekstrinsik sangat menentukan sejauh mana mutu ikan dapat dipertahankan setelah ditangkap. Faktor-faktor tersebut meliputi:

a. Metode Penangkapan

Ikan yang ditangkap dengan cara merusak (misalnya penggunaan bahan peledak atau racun) biasanya mengalami kerusakan jaringan, memicu oksidasi lebih cepat, dan menurunkan mutu daging. Penangkapan dengan pancing atau jaring insang umumnya menghasilkan ikan dengan mutu lebih baik karena kerusakan fisik lebih minimal (FAO, 2016).

b. Suhu Penanganan

Suhu adalah faktor paling kritis dalam menjaga mutu ikan. Setelah mati, ikan akan mengalami autolisis dan pertumbuhan mikroba yang cepat jika tidak segera didinginkan. Pendinginan dengan es atau teknologi rantai dingin (*cold chain system*) terbukti mampu memperlambat penurunan mutu secara signifikan (Huss, 1995).

c. Transportasi dan Distribusi

Proses distribusi ikan dari tempat pendaratan ke pasar sering kali menjadi titik kritis. Rantai dingin yang terputus mengakibatkan kenaikan suhu, sehingga bakteri pembusuk tumbuh lebih cepat. Di Indonesia, masalah keterbatasan fasilitas transportasi berpendingin masih menjadi tantangan besar, khususnya di wilayah timur.

d. Fasilitas Pascapanen

Mutu ikan akan lebih terjaga jika didukung fasilitas seperti tempat pelelangan higienis, *Cold Storage*, unit pembuat es, serta teknologi pengemasan modern (*modified atmosphere packaging*). Ketiadaan fasilitas ini seringkali menyebabkan penurunan mutu ikan bahkan sebelum sampai ke konsumen (Akande & Diei-Ouadi, 2010).

## 2.5 Tren Permintaan Global terhadap Produk Perikanan

Produk perikanan merupakan salah satu komoditas pangan yang terus mengalami peningkatan permintaan secara global. Hal ini tidak terlepas dari kesadaran konsumen akan manfaat kesehatan ikan yang kaya akan protein berkualitas tinggi, asam lemak omega-3, vitamin, dan mineral esensial. Menurut FAO (2022), konsumsi ikan dunia mencapai rata-rata 20,2 kg per kapita per tahun, dengan kawasan Asia menyumbang lebih dari dua pertiga total konsumsi tersebut. Tren ini menunjukkan bahwa ikan tidak hanya penting sebagai sumber protein alternatif, tetapi juga sebagai komoditas perdagangan strategis dalam mendukung ketahanan pangan global.

Selain faktor gizi, meningkatnya perhatian konsumen terhadap isu keamanan pangan (*food safety*), keberlanjutan (*sustainability*), dan keterlacakan (*traceability*) mendorong terjadinya pergeseran pola permintaan. Produk perikanan kini tidak hanya dipandang dari sisi harga dan ketersediaan,

melainkan juga dari aspek mutu, metode produksi, dan sertifikasi internasional.

## A. Tren Utama Permintaan Global

### a. Produk Bernilai Tambah (*Value-Added Products*)

Konsumen di negara maju cenderung menginginkan produk perikanan yang praktis dan siap konsumsi. Produk seperti fillet beku, surimi, nugget ikan, sosis ikan, dan makanan siap saji berbasis seafood menjadi semakin populer. Produk bernilai tambah ini memberikan keuntungan lebih besar dibandingkan produk mentah karena nilai jualnya lebih tinggi serta memiliki daya simpan lebih lama (FAO, 2022).

### b. Produk Sehat dan Organik

Meningkatnya kesadaran akan gaya hidup sehat mendorong konsumen untuk mencari produk yang bebas bahan kimia berbahaya, antibiotik, maupun residu pestisida. Produk organik dari akuakultur tanpa penggunaan bahan sintetis atau pakan kimia mendapat perhatian besar, khususnya di pasar Eropa dan Amerika Utara (Nechaev *et al.*, 2018).

### c. *Traceability* dan *Sustainability*

Negara-negara maju seperti Uni Eropa, Jepang, dan Amerika Serikat kini mewajibkan adanya sistem ketertelusuran untuk menjamin keamanan pangan serta keberlanjutan sumber daya. Teknologi *blockchain*, QR code, dan IoT digunakan untuk mencatat perjalanan produk dari laut hingga meja makan. Konsumen semakin selektif, hanya memilih produk dengan label eco-label atau sertifikasi seperti *Marine Stewardship Council* (MSC) (Bush *et al.*, 2013).

d. Pasar Digital dan *E-commerce* Seafood

Perkembangan teknologi digital dan pandemi COVID-19 mempercepat pertumbuhan perdagangan online produk perikanan. Konsumen kini dapat membeli produk seafood segar maupun olahan melalui platform *e-commerce* dengan sistem pengantaran cepat dan rantai dingin yang terintegrasi. Pasar digital ini membuka peluang baru, terutama bagi negara produsen yang ingin menjangkau konsumen global secara langsung (FAO, 2021).

**B. Studi Kasus: Indonesia dan Global**

Ekspor perikanan Indonesia pada tahun 2022 tercatat mencapai lebih dari US\$ 5,7 miliar, dengan komoditas utama meliputi udang, tuna, cakalang, tongkol, dan rumput laut (KKP, 2023). Meski demikian, tantangan besar masih dihadapi, khususnya terkait standar mutu, keamanan pangan, dan ketertelusuran produk.

Kasus penolakan ekspor tuna ke Uni Eropa akibat masalah residu antibiotik dan ketidaklengkapan dokumen *traceability* menjadi contoh nyata pentingnya penerapan standar internasional. Untuk mengatasi hal ini, Indonesia perlu memperkuat penerapan sistem *Hazard Analysis and Critical Control Point* (HACCP), ISO 22000, serta sertifikasi keberlanjutan seperti MSC. Selain itu, perbaikan rantai dingin dan integrasi teknologi digital juga menjadi faktor kunci agar Indonesia dapat bersaing di pasar global.

Sebaliknya, Norwegia menjadi contoh sukses dalam menguasai pasar global melalui ekspor salmon. Negara ini menerapkan sistem pengendalian mutu yang ketat sejak tahap budidaya hingga distribusi. Pemanfaatan *Internet of Things* (IoT) dan sensor monitoring real-time dalam distribusi membuat konsumen dapat melacak kondisi produk sepanjang perjalanan. Transparansi dan konsistensi mutu menjadikan salmon Norwegia dipercaya di pasar dunia (Asche & Smith, 2018).

C. *Blue Economy* dan SDGs

Secara global, sektor perikanan kini masuk dalam paradigma *Blue Economy*, yaitu konsep pembangunan yang menekankan pengelolaan sumber daya laut secara berkelanjutan dengan tetap memberikan nilai ekonomi tinggi. Pendekatan ini mendukung pencapaian *Sustainable Development Goals* (SDGs), terutama SDG 2 (*Zero Hunger*) dan SDG 14 (*Life Below Water*).

Permintaan global terhadap produk perikanan berkelanjutan akan terus meningkat seiring dengan kepedulian konsumen terhadap isu lingkungan, perubahan iklim, dan ketahanan pangan dunia. Hal ini mendorong negara produsen, termasuk Indonesia, untuk tidak hanya fokus pada kuantitas produksi, tetapi juga pada keberlanjutan dan nilai tambah produk.

Tabel 2. Tren Permintaan Global Produk Perikanan

| Tren Global                              | Contoh Produk                           | Negara/<br>Kawasan<br>Utama | Implikasi bagi<br>Indonesia                              |
|------------------------------------------|-----------------------------------------|-----------------------------|----------------------------------------------------------|
| Produk bernilai tambah                   | Surimi, nugget, fillet beku             | Jepang, AS, Eropa           | Perlu diversifikasi produk olahan ikan                   |
| Produk sehat & organik                   | Ikan budidaya bebas antibiotik          | Uni Eropa, AS               | Perlu penerapan standar budidaya organik                 |
| <i>Traceability &amp; Sustainability</i> | Produk dengan label MSC, ASC, eco-label | Uni Eropa, Jepang, AS       | Penerapan HACCP, sertifikasi internasional, digitalisasi |
| Pasar digital & <i>e-commerce</i>        | Seafood segar via <i>Marketplace</i>    | Tiongkok, AS, Asia Tenggara | Optimalisasi logistik, penguatan                         |

| Tren Global | Contoh Produk | Negara/<br>Kawasan<br>Utama | Implikasi bagi<br>Indonesia |
|-------------|---------------|-----------------------------|-----------------------------|
|             |               |                             | rantai dingin & e-commerce  |

## 2.6 Kesimpulan

Pemahaman mengenai bentuk dan morfologi ikan merupakan landasan penting dalam penanganan hasil perikanan, karena struktur tubuh ikan, seperti kulit, sisik, daging, kandungan glikogen, serta keberadaan senyawa seperti urea yang berpengaruh besar terhadap kesegaran dan daya simpan ikan. Karakteristik biologis ini menjadikan ikan sebagai bahan pangan yang sangat bergizi, namun sekaligus rentan mengalami kerusakan pasca tangkap. Oleh karena itu, teknologi pascapanen, seperti sistem rantai dingin (*cold chain*), pengemasan inovatif, dan metode preservasi modern, menjadi krusial untuk menjaga mutu dan keamanan konsumsi.

Di sisi lain, Indonesia sebagai negara maritim dengan potensi sumber daya ikan yang melimpah memiliki peluang besar dalam mengembangkan bisnis perikanan. Namun, peluang ini hanya bisa dimaksimalkan jika kelemahan alami ikan yang mudah rusak dapat diatasi melalui penerapan teknologi dan manajemen pascapanen yang tepat. Selain itu, integrasi aspek keberlanjutan (*Sustainability*), ekonomi biru (*Blue Economy*), dan tujuan pembangunan berkelanjutan (SDGs) menjadi keharusan agar pengelolaan sumber daya perikanan tidak hanya menguntungkan secara ekonomi, tetapi juga ramah lingkungan dan berorientasi pada ketahanan pangan jangka panjang.

Pada tataran global, tren permintaan produk perikanan menunjukkan pergeseran ke arah produk bernilai tambah, sehat dan organik, serta berlabel keberlanjutan yang dilengkapi sistem

ketertelusuran digital. Hal ini menuntut Indonesia untuk tidak hanya meningkatkan produksi, tetapi juga memastikan mutu, keamanan pangan, serta keberlanjutan produk yang dihasilkan. Dengan memanfaatkan teknologi pascapanen, memperkuat sertifikasi internasional, serta mengikuti dinamika pasar global, Indonesia berpeluang besar memperkuat posisinya sebagai salah satu pemain utama dalam perdagangan perikanan dunia sekaligus mewujudkan visi sebagai poros maritim global.

## BAB 3

# PERUBAHAN PADA IKAN SETELAH MATI

### 3.1 Proses *Post Mortem* pada Ikan

Ikan adalah salah satu komoditas pangan hewani yang sangat mudah rusak dibandingkan dengan daging ternak darat. Kerusakan mutu ikan dimulai segera setelah proses penangkapan dan kematian, di mana tubuh ikan tidak lagi memiliki mekanisme fisiologis untuk mempertahankan kestabilan jaringan. Kondisi ini diperparah dengan karakteristik biologis ikan, seperti kadar air daging yang tinggi (70–80%), kandungan protein yang mudah terurai, struktur jaringan otot yang lunak, serta rendahnya cadangan glikogen bila dibandingkan dengan daging sapi atau ayam (Huss, 1995). Oleh karena itu, ikan dapat dikategorikan sebagai pangan mudah rusak (*highly perishable food*), yang memerlukan penanganan khusus sejak saat ditangkap hingga didistribusikan ke konsumen.

#### A. Tahapan Utama Perubahan *Post Mortem*

Setelah ikan mati, serangkaian perubahan biokimia, fisiologis, dan fisik terjadi pada otot ikan. Perubahan ini dikenal sebagai *post mortem changes*, yang secara umum terbagi dalam tiga fase:

##### a. Fase Pre-rigor

Pada fase awal setelah ikan mati, otot masih terasa lentur karena cadangan energi berupa adenosin trifosfat (ATP) masih tersedia dalam sel. ATP diproduksi dari pemecahan glikogen melalui jalur anaerob yang menghasilkan asam

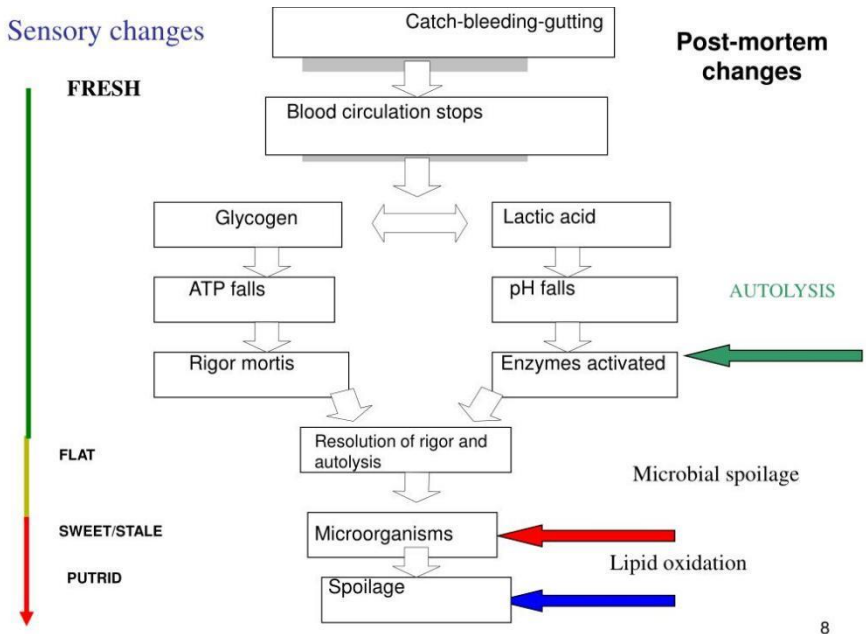
laktat. Penurunan pH dari sekitar 7,2 menjadi 6,0–6,5 mulai terjadi, meskipun belum terlalu signifikan. Kondisi ikan pada fase ini masih dianggap sangat segar, karena jaringan otot belum mengalami perubahan struktural besar. Namun, ikan yang ditangkap dengan cara menimbulkan stres tinggi (misalnya akibat jaring *trawl*) cenderung memiliki cadangan glikogen lebih sedikit, sehingga fase pre-rigor berlangsung lebih singkat (Dunajski, 1980).

b. Fase *Rigor Mortis*

Ketika ATP habis, filamen aktin dan miosin dalam otot membentuk ikatan kompleks yang disebut aktomiosin. Akibatnya, otot menjadi kaku, keras, dan tegang. Inilah yang disebut fase *rigor mortis*. Tekstur ikan pada fase ini sangat kaku sehingga mudah patah jika dilipat atau ditekuk. Lama fase *rigor mortis* sangat bergantung pada spesies ikan, ukuran, dan kondisi lingkungan. Misalnya, ikan tropis berukuran kecil dapat memasuki fase rigor hanya dalam 1–4 jam, sementara ikan yang disimpan pada suhu rendah dapat bertahan lebih lama sebelum rigor muncul (Clucas & Ward, 1996; Huss, 1995).

c. Fase Resolusi Rigor

Setelah melewati fase rigor, terjadi pelepasan ikatan aktomiosin akibat aktivitas enzim proteolitik endogen, seperti katepsin dan kalpain, yang mendegradasi protein otot. Proses ini membuat jaringan otot melunak kembali. Namun, pada fase ini juga mulai terjadi kerusakan mutu karena autolisis (perombakan jaringan oleh enzim internal) disertai dengan pertumbuhan bakteri pembusuk. Bakteri seperti *Pseudomonas* spp., *Shewanella putrefaciens*, dan *Photobacterium phosphoreum* menghasilkan senyawa volatil seperti trimetilamin (TMA), hidrogen sulfida (H<sub>2</sub>S), dan amonia yang menimbulkan bau busuk khas ikan tidak segar (Gram & Huss, 1996).



8

**Gambar 9. Proses biokimiawi yang terjadi setelah ikan mati**  
(Sumber: <https://www.slideserve.com/stefano/post-mortem-changes-influencing-sensory-quality-of-seafood>)

## B. Faktor yang Memengaruhi Proses *Post Mortem*

Kecepatan dan intensitas perubahan *post mortem* tidak selalu sama pada semua ikan. Beberapa faktor yang memengaruhi di antaranya adalah:

### a. Jenis dan spesies ikan

Ikan berlemak tinggi (misalnya makarel, tuna, dan sarden) lebih cepat rusak akibat oksidasi lemak. Sementara itu, ikan laut dalam dengan kandungan TMAO tinggi lebih cepat menimbulkan bau amis setelah mati.

b. Kondisi sebelum mati (*pre-slaughter stress*)

Ikan yang mengalami stres sebelum ditangkap akan mengonsumsi lebih banyak glikogen otot, sehingga cadangan energi berkurang. Hal ini membuat *rigor mortis* terjadi lebih cepat.

c. Suhu penyimpanan

Suhu merupakan faktor paling kritis. Pada suhu ruang, ikan tropis dapat rusak dalam hitungan jam. Penyimpanan pada es (0 °C) dapat memperpanjang masa segar hingga 7–10 hari, sedangkan penyimpanan beku dapat memperpanjang umur simpan hingga beberapa bulan (FAO, 2022).

d. Metode penanganan pasca tangkap

Kualitas ikan akan jauh lebih baik bila segera dilakukan pendinginan cepat (*chilling*) atau penyimpanan dengan *slurry ice*, dibandingkan bila dibiarkan lama pada suhu lingkungan.

### C. Implikasi terhadap Mutu dan Keamanan Pangan

Pemahaman mengenai proses *post mortem* sangat penting dalam industri perikanan. Jika tidak ditangani dengan tepat, perubahan yang terjadi setelah ikan mati akan mempercepat kerusakan mutu, mengurangi nilai ekonomi, serta menimbulkan risiko keamanan pangan bagi konsumen. Misalnya, akumulasi TMA dan amonia tidak hanya menimbulkan bau menyengat, tetapi juga dapat menjadi indikator kontaminasi mikroba pembusuk. Selain itu, oksidasi lemak menghasilkan senyawa aldehida yang berpotensi bersifat toksik bila dikonsumsi dalam jumlah besar (Whittle, 1990).

Dalam konteks rantai pasok global, mutu ikan yang terjaga sejak pasca tangkap hingga distribusi akan menentukan daya saing produk di pasar internasional. Oleh sebab itu, negara produsen

seperti Indonesia perlu menerapkan *cold chain system* yang konsisten, mulai dari kapal penangkap hingga retail modern, agar mutu ikan tetap terjaga sesuai standar internasional.

### 3.2 Perubahan Biokimia dan Fisiologis pada Ikan Pasca Kematian

Kondisi setelah kematian menyebabkan terjadinya berbagai perubahan biokimiawi dan fisiologis yang memengaruhi mutu ikan. Perubahan tersebut dimulai segera setelah proses penangkapan, kemudian berlanjut selama penyimpanan, baik pada suhu ruang maupun pada kondisi dingin. Pemahaman mengenai mekanisme perubahan pasca kematian sangat penting, karena menjadi dasar bagi teknologi penanganan, pengolahan, dan penyimpanan produk perikanan.

#### A. Degradasi Glikogen dan Penurunan pH

Salah satu perubahan awal setelah ikan mati adalah pemecahan cadangan energi berupa glikogen melalui jalur glikolisis anaerob. Pada kondisi hidup, glikogen diuraikan untuk menghasilkan ATP melalui respirasi aerob, namun setelah kematian suplai oksigen berhenti. Akibatnya, glikogen hanya dapat dimetabolisme melalui glikolisis anaerob yang menghasilkan asam laktat. Akumulasi asam laktat ini menurunkan pH otot ikan dari sekitar 7,2 menjadi 6,0–6,5 (Sikorski & Kolakowska, 1990.).

Penurunan pH berpengaruh besar terhadap mutu ikan. Pada kisaran pH tersebut, protein otot mengalami perubahan daya ikat air (*water holding capacity*) sehingga tekstur ikan menjadi lebih keras saat memasuki fase *rigor mortis*. Selain itu, pH rendah dapat menghambat pertumbuhan beberapa bakteri pembusuk, meskipun efeknya tidak bertahan lama. Yang membedakan ikan dengan daging ternak darat adalah cadangan glikogen yang jauh lebih sedikit, sehingga penurunan pH pada ikan tidak sedrastis

daging sapi atau ayam. Oleh karena itu, ikan cenderung lebih cepat mengalami pembusukan.

## **B. Akumulasi Urea dan Trimetilamin Oksida (TMAO)**

Ikan laut memiliki mekanisme khusus untuk mengatur tekanan osmotik tubuh, salah satunya dengan menyimpan senyawa organik seperti urea dan trimetilamin oksida (TMAO). Senyawa ini penting untuk menjaga keseimbangan cairan tubuh terhadap lingkungan laut yang asin. Namun, setelah ikan mati, TMAO direduksi oleh enzim endogen maupun oleh aktivitas bakteri menjadi trimetilamin (TMA).

TMA inilah yang menimbulkan bau amis khas ikan tidak segar (Gram & Huss, 1996). Semakin lama ikan disimpan, terutama pada suhu ruang, semakin banyak TMA yang terbentuk. Selain TMA, urea juga dapat diuraikan menjadi amonia yang memperparah bau busuk. Fenomena ini lebih menonjol pada ikan laut dalam seperti *cod*, *haddock*, dan beberapa spesies hiu yang memiliki kadar TMAO lebih tinggi dibanding ikan air tawar. Dengan demikian, akumulasi senyawa volatil seperti TMA, amonia, dan hidrogen sulfida menjadi indikator utama kerusakan mutu ikan.

## **C. Autolisis Enzimatis**

Selain perubahan kimia akibat metabolisme anaerob, ikan juga mengalami proses autolisis, yaitu degradasi jaringan oleh enzim endogen. Setelah kematian, enzim-enzim proteolitik yang terdapat dalam lisosom sel dilepaskan dan mulai mendegradasi protein otot. Enzim yang berperan antara lain adalah katepsin dan kalpain, yang dapat memutus ikatan peptida dan menguraikan protein struktural otot.

Akibat dari autolisis adalah melunaknya tekstur ikan setelah fase *rigor mortis*. Fenomena ini menjelaskan mengapa ikan yang sudah lama mati cenderung lebih lembek dan mudah hancur saat

diolah. Selain itu, enzim lipase dan fosfolipase juga aktif mendegradasi lipid dan fosfolipid dalam membran sel. Aktivitas ini mempercepat oksidasi lemak, menghasilkan senyawa aldehida dan keton yang menimbulkan bau tengik (Whittle, 1990).

Autolisis enzimatik bersifat spesifik terhadap spesies ikan. Misalnya, ikan pelagis berlemak tinggi (tuna, makarel, sarden) lebih rentan mengalami oksidasi lipid, sedangkan ikan air tawar lebih cepat melunak akibat aktivitas proteolitik.

#### **D. Pertumbuhan Mikroorganisme**

Faktor lain yang berperan penting dalam kerusakan ikan pasca kematian adalah aktivitas mikroba. Ikan merupakan substrat yang kaya nutrisi, dengan kadar air tinggi, pH mendekati netral, serta asam amino bebas yang melimpah. Kondisi ini sangat ideal untuk pertumbuhan mikroorganisme pembusuk.

Jenis bakteri dominan pada ikan segar yang disimpan di suhu dingin antara lain *Pseudomonas* spp., *Shewanella putrefaciens*, dan *Photobacterium phosphoreum* (Gram & Huss, 1996). Bakteri ini memanfaatkan asam amino dan nitrogen non-protein untuk menghasilkan senyawa volatil seperti hidrogen sulfida ( $H_2S$ ), amonia, dan TMA. Selain menyebabkan bau menyengat, akumulasi senyawa ini juga menurunkan kualitas organoleptik ikan.

Pertumbuhan mikroba sangat dipengaruhi oleh suhu penyimpanan. Pada suhu ruang ( $25-30\text{ }^{\circ}C$ ), ikan tropis dapat rusak hanya dalam waktu 6–12 jam. Penyimpanan pada es ( $0-4\text{ }^{\circ}C$ ) mampu memperlambat pertumbuhan bakteri, sehingga ikan dapat bertahan hingga 7–10 hari. Sementara itu, penyimpanan beku pada suhu  $-18\text{ }^{\circ}C$  atau lebih rendah dapat menghambat aktivitas mikroba secara signifikan, meskipun autolisis enzimatik masih tetap terjadi.

### E. Integrasi Faktor Biokimia dan Fisiologis

Secara keseluruhan, perubahan biokimia dan fisiologis pada ikan pasca kematian merupakan hasil interaksi antara autolisis, oksidasi kimia, dan pertumbuhan mikroba. Tahap awal didominasi oleh proses fisiologis internal seperti degradasi glikogen dan aktivitas enzim. Setelah itu, bakteri pembusuk menjadi faktor dominan yang mempercepat kerusakan.

Oleh karena itu, teknologi penanganan ikan segar harus diarahkan pada pengendalian tiga aspek utama:

- ✓ Memperlambat metabolisme pasca kematian (misalnya dengan pendinginan cepat untuk memperlambat glikolisis dan autolisis).
- ✓ Menghambat oksidasi lemak (misalnya dengan penyimpanan dalam atmosfer termodifikasi atau penggunaan antioksidan alami).
- ✓ Mengendalikan pertumbuhan mikroorganisme (melalui *cold chain system*, pembekuan, atau penggunaan bahan pengawet yang diizinkan).

**Tabel 3. Perbandingan Biokimia Ikan Segar dan Ikan Tidak Segar**

| Parameter                     | Ikan Segar                               | Ikan Tidak Segar                    |
|-------------------------------|------------------------------------------|-------------------------------------|
| Senyawa volatil (TMA, amonia) | Rendah                                   | Tinggi, menyebabkan bau busuk       |
| Kandungan glikogen            | Masih tersedia untuk metabolisme anaerob | Habis, metabolisme anaerob berhenti |

| Parameter              | Ikan Segar                                     | Ikan Tidak Segar                                                       |
|------------------------|------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|
| Aktivitas enzim        | Terbatas, belum banyak degradasi protein/lemak | Tinggi, memicu autolisis dan oksidasi lemak                            |
| Mikroorganisme dominan | Relatif sedikit, flora normal                  | Tinggi, <i>Pseudomonas</i> , <i>Shewanella</i> , <i>Photobacterium</i> |

### 3.3 Deteksi Mutu Ikan dengan Teknologi Sensor dan AI

Penilaian mutu ikan merupakan aspek fundamental dalam industri perikanan, karena kesegaran dan keamanan konsumsi sangat menentukan nilai ekonomi serta kepercayaan konsumen. Secara tradisional, mutu ikan ditentukan melalui uji organoleptik, yaitu pemeriksaan berdasarkan pancaindra meliputi penampilan visual (warna kulit, kejernihan mata, warna insang), bau (aroma amis atau busuk), serta tekstur daging. Meskipun metode ini sederhana dan murah, kelemahannya adalah subjektivitas hasil karena sangat bergantung pada pengalaman dan kepekaan panelis (Huss, 1995).

Dalam konteks industri skala besar dan rantai distribusi global, dibutuhkan metode pengujian mutu yang lebih objektif, cepat, dan konsisten. Perkembangan teknologi sensor, kecerdasan buatan (*Artificial Intelligence/AI*), serta sistem *Internet of Things* (IoT) membuka jalan baru dalam pengawasan mutu ikan yang presisi. Teknologi ini tidak hanya mampu mendeteksi perubahan kesegaran ikan secara real time, tetapi juga dapat diintegrasikan dengan sistem *traceability* dan rantai dingin, sehingga memperkuat keamanan pangan (*food safety*) dan transparansi distribusi.

## A. Teknologi Sensor dalam Deteksi Mutu Ikan

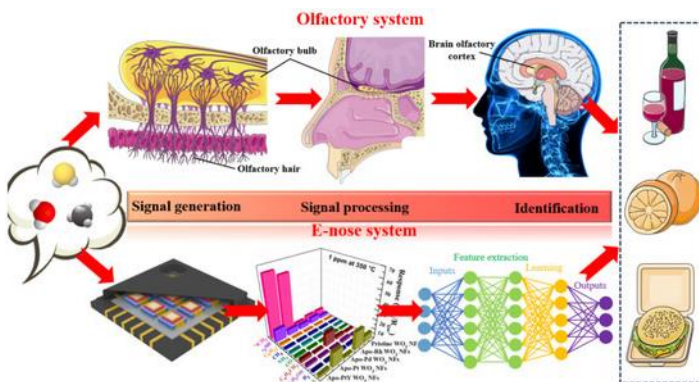
### a. *Electronic Nose (E-nose)*

*E-nose* merupakan perangkat yang meniru fungsi penciuman manusia melalui kumpulan sensor gas. Prinsip kerjanya adalah mendeteksi senyawa volatil yang dihasilkan ikan selama proses pembusukan, seperti trimetilamin (TMA), amonia, dan hidrogen sulfida ( $H_2S$ ). Peningkatan kadar senyawa-senyawa ini menandakan penurunan kesegaran ikan.

Keunggulan e-nose adalah:

- ✓ Cepat (hasil diperoleh dalam hitungan menit),
- ✓ Non-destruktif (ikan tidak rusak saat diuji),
- ✓ Dapat dihubungkan dengan sistem AI untuk klasifikasi tingkat kesegaran.

Penelitian oleh Peris & Escuder-Gilabert (2009) menunjukkan bahwa e-nose dapat memprediksi umur simpan ikan dengan akurasi di atas 85%.



**Gambar 10. Diagram skema penciuman manusia dan e-Nose**  
(Sumber: Zhai *et al.*, 2024)

### b. *Electronic Tongue* (E-tongue)

E-tongue bekerja dengan prinsip elektrokimia, yaitu mendeteksi ion-ion atau senyawa larut dalam cairan ekstrak ikan. Teknologi ini meniru indera pengecap manusia, sehingga mampu mengukur perubahan rasa akibat degradasi protein, lipid, dan asam amino.

Kombinasi e-tongue dan e-nose sering digunakan dalam riset untuk mendapatkan hasil lebih komprehensif. Misalnya, e-nose mendeteksi bau busuk, sedangkan e-tongue mengukur rasa pahit atau asam akibat senyawa degradasi (Winquist, 2008).

### c. Spektroskopi dan Citra Hiperspektral

Spektroskopi merupakan metode analisis berbasis interaksi cahaya dengan jaringan ikan. Jenis yang umum digunakan meliputi:

- ✓ Near Infrared (NIR) Spectroscopy – mendeteksi komposisi air, protein, dan lemak.
- ✓ Fourier Transform Infrared (FTIR) Spectroscopy – menganalisis perubahan kimia spesifik, seperti oksidasi lipid.
- ✓ Hyperspectral Imaging (HSI) – menggabungkan citra digital dengan spektrum cahaya untuk memetakan perubahan mutu ikan secara spasial.

Teknologi ini unggul karena non-destruktif dan dapat diaplikasikan langsung di lini produksi. Misalnya, Yu *et al.*, (2021) melaporkan bahwa HSI mampu mendeteksi kesegaran ikan nila dengan akurasi klasifikasi lebih dari 90%.

### d. Sensor Berbasis IoT

Selain deteksi kimia, sensor fisik seperti sensor suhu, kelembaban, dan pH juga penting dalam memantau mutu ikan selama distribusi. Sensor ini dapat dihubungkan ke jaringan IoT

sehingga data bisa dipantau secara real time melalui aplikasi. Dengan demikian, setiap perubahan suhu penyimpanan di luar batas optimal dapat segera diketahui dan ditindaklanjuti (Aung & Chang, 2014).

## **B. Peran AI dan *Machine Learning* dalam Deteksi Mutu Ikan**

Sensor modern menghasilkan big data yang kompleks. Oleh karena itu, diperlukan metode analisis berbasis *machine learning* (ML) atau *deep learning* (DL) untuk mengolah data tersebut menjadi informasi yang berguna.

Beberapa penerapan AI dalam deteksi mutu ikan meliputi:

- ✓ Klasifikasi kesegaran ikan – menggunakan algoritma ML seperti *Support Vector Machine* (SVM) atau *Random Forest* untuk memisahkan kategori “segar”, “kurang segar”, dan “busuk”.
- ✓ Prediksi umur simpan – berdasarkan data sensor (pH, suhu, volatil, citra spektral), model AI mampu memprediksi sisa umur simpan produk (Saeed *et al.*, 2022).
- ✓ Deteksi kualitas visual – *Convolutional Neural Network* (CNN) digunakan untuk menganalisis citra mata, insang, dan permukaan kulit ikan. Penelitian Yang *et al.* (2021) menunjukkan bahwa CNN dapat mengenali tingkat kesegaran ikan dengan akurasi hingga 95%.

Integrasi AI dengan sensor membuat sistem deteksi mutu lebih efisien, akurat, dan dapat diterapkan dalam skala industri maupun pasar tradisional.

## **C. Implementasi Global dan Nasional**

Secara global, teknologi sensor dan AI dalam deteksi mutu ikan berkembang pesat, terutama di Eropa, Jepang, dan Tiongkok. Jepang misalnya, telah mengembangkan sistem *blockchain* yang

terintegrasi dengan IoT untuk melacak riwayat distribusi ikan dari kapal hingga konsumen, sehingga menjamin *traceability* (Saeed *et al.*, 2022).

Di Indonesia, riset mengenai sensor mutu ikan berbasis IoT mulai berkembang. Beberapa universitas dan lembaga penelitian mengembangkan alat portabel untuk mendeteksi kadar TMA dan amonia pada ikan di pasar tradisional. Teknologi ini diharapkan membantu nelayan dan pedagang kecil dalam menjaga mutu produk sehingga nilai jual tetap tinggi.

#### **D. Tantangan dan Prospek**

Meskipun potensinya besar, penerapan teknologi sensor dan AI dalam deteksi mutu ikan masih menghadapi beberapa tantangan:

- ✓ Biaya tinggi untuk akuisisi perangkat canggih seperti HSI atau e-nose.
- ✓ Keterbatasan infrastruktur rantai dingin di negara berkembang.
- ✓ Kebutuhan standarisasi agar hasil deteksi dapat diakui secara internasional.

Namun, prospeknya sangat menjanjikan. Dengan meningkatnya permintaan konsumen terhadap produk yang aman, segar, dan transparan, teknologi sensor dan AI akan menjadi standar baru dalam sistem mutu perikanan global.

### **3.4 Kesimpulan**

Proses *post mortem* pada ikan merupakan tahapan kritis yang sangat menentukan mutu dan daya simpan hasil perikanan. Setelah ikan mati, berbagai perubahan fisiologis, biokimia, dan mikrobiologis terjadi, seperti penurunan kadar glikogen, pembentukan asam laktat, *rigor mortis*, degradasi protein, serta peningkatan produksi senyawa volatil akibat aktivitas mikroba. Perubahan ini memengaruhi tekstur, aroma, warna, dan rasa

ikan, sehingga penanganan yang cepat dan tepat sangat diperlukan untuk memperlambat kerusakan. Oleh karena itu, pemahaman mengenai proses *post mortem* dan faktor-faktor yang memengaruhinya menjadi dasar penting dalam merancang metode penanganan, pengawetan, dan penyimpanan ikan.

Di sisi lain, perkembangan teknologi memberikan solusi inovatif dalam menjaga mutu ikan. Metode konvensional seperti pengamatan sensoris, uji kimia, dan mikrobiologi kini mulai dilengkapi dengan teknologi sensor cerdas dan kecerdasan buatan (AI). Teknologi ini mampu mendeteksi perubahan mutu ikan secara lebih objektif, cepat, dan akurat, bahkan dalam skala besar. Implementasi *electronic nose*, *hyperspectral imaging*, hingga *machine learning* pada sistem penilaian mutu ikan menunjukkan arah baru dalam industri perikanan modern. Integrasi pemahaman biologis dengan teknologi modern menjadi kunci untuk menjaga kualitas, keamanan, serta daya saing produk perikanan Indonesia di pasar global.

## **BAB 4**

# **PENANGANAN HASIL-HASIL PERIKANAN**

### **4.1 Prinsip Umum Penanganan Hasil Perikanan**

Penanganan hasil perikanan merupakan salah satu tahapan krusial yang menentukan mutu, keamanan, serta nilai ekonomis produk perikanan. Kegiatan ini mencakup seluruh proses sejak ikan ditangkap atau dipanen dari unit budidaya hingga sampai ke konsumen dalam keadaan siap konsumsi. Jika penanganan dilakukan dengan tepat, maka ikan dapat dipertahankan kesegarannya lebih lama, nutrisi penting seperti protein dan asam lemak dapat terjaga, serta risiko kehilangan hasil (*post-harvest losses*) dapat ditekan seminimal mungkin. Sebaliknya, penanganan yang buruk akan mempercepat kerusakan, mengurangi cita rasa, menurunkan nilai gizi, bahkan dapat menyebabkan risiko kesehatan bagi konsumen.

#### **A. Pentingnya Penanganan Pascapanen**

Kerusakan ikan dapat terjadi dengan cepat setelah proses penangkapan. Dalam kondisi suhu ruang tropis (27–30 °C), ikan dapat membusuk hanya dalam waktu 6–12 jam. Sementara itu, bila ditangani dengan baik, misalnya menggunakan es dengan suhu mendekati 0 °C, umur simpannya dapat diperpanjang hingga 10–14 hari, tergantung spesies dan kondisi awal ikan (Huss, 1995). Oleh karena itu, kecepatan dan ketepatan dalam penanganan menjadi faktor yang sangat menentukan.

Di Indonesia, sebagai negara dengan produksi perikanan melimpah, kelemahan yang sering dijumpai adalah tingginya *losses* pascapanen. Kerugian ini tidak hanya berupa penurunan kuantitas akibat pembusukan, tetapi juga penurunan kualitas (tekstur lembek, aroma busuk, dan nilai gizi yang menurun). Dampak lanjutannya adalah rendahnya daya saing produk Indonesia di pasar global.

## **B. Prinsip Dasar Penanganan Hasil Perikanan**

Menurut WHO (2020), terdapat empat prinsip utama yang harus diperhatikan dalam penanganan hasil perikanan:

### **a. Mencegah kontaminasi**

Kontaminasi dapat berasal dari berbagai sumber, mulai dari air yang tidak bersih, peralatan yang terkontaminasi, pekerja yang tidak higienis, hingga lingkungan yang tidak terjaga. Kontaminasi biologis (mikroba patogen), kimia (residu bahan berbahaya, logam berat), maupun fisik (benda asing seperti pasir atau serpihan es) dapat menurunkan mutu dan membahayakan konsumen. Dalam konteks ekspor, penerapan standar mutu internasional seperti HACCP menjadi keharusan untuk menjamin keamanan pangan. Oleh sebab itu, seluruh rantai penanganan harus mengikuti standar higienitas ketat.

### **b. Mengendalikan suhu**

Pendinginan merupakan cara paling efektif untuk memperlambat kerusakan ikan. Suhu ideal penyimpanan ikan segar adalah sekitar 0 – 4 °C. Pada suhu ini, aktivitas mikroorganisme pembusuk dan enzim autolitik dapat ditekan secara signifikan. Menurut Huss (1995), ikan yang segera didinginkan setelah ditangkap dapat bertahan hingga 2–3 kali lebih lama dibandingkan ikan yang dibiarkan pada suhu ruang.

Penggunaan es curah (*flake ice*) atau es balok yang dihancurkan merupakan cara paling umum di lapangan. Rasio yang dianjurkan adalah 1:1 (satu bagian es untuk satu bagian ikan) agar suhu dapat stabil sepanjang distribusi. Inovasi baru juga mencakup penggunaan *slurry ice* (campuran es dan air laut) yang lebih cepat menurunkan suhu tubuh ikan dan mampu masuk ke rongga-rongga tubuh, sehingga pendinginan lebih merata.

c. Mengurangi kerusakan fisik

Benturan, tekanan berlebih, atau perlakuan kasar saat pemindahan ikan dapat menyebabkan luka fisik yang mempercepat pembusukan. Luka pada permukaan kulit ikan dapat menjadi pintu masuk bakteri, sementara kerusakan jaringan mempercepat reaksi enzimatik. Oleh karena itu, penggunaan wadah yang sesuai, penyusunan yang rapi, serta pengangkutan yang hati-hati merupakan keharusan.

d. Menjaga sanitasi dan higienitas

Higienitas pekerja, peralatan, dan lingkungan sangat berpengaruh pada mutu ikan. Pekerja wajib menggunakan sarung tangan, celemek, serta mencuci tangan sebelum menangani ikan. Peralatan seperti pisau, talenan, maupun wadah harus dicuci menggunakan air bersih dan didesinfeksi secara berkala. Lingkungan penanganan ikan, baik di kapal maupun di darat, harus dirancang untuk meminimalisir debu, hama, dan potensi kontaminasi silang. Sanitasi air yang digunakan (terutama air laut untuk mencuci ikan) sangat penting, karena air tercemar dapat menjadi sumber bakteri patogen seperti *Vibrio* sp. atau *Salmonella* (Gram & Huss, 1996).

### C. Kondisi di Indonesia

Indonesia sebagai negara maritim memiliki potensi besar dalam penyediaan hasil perikanan. Produksi perikanan tangkap dan budidaya terus meningkat dari tahun ke tahun, sejalan dengan meningkatnya permintaan domestik dan ekspor. Namun, salah satu tantangan besar yang dihadapi adalah kerugian pascapanen (*post-harvest losses*).

Menurut data Kementerian Kelautan dan Perikanan (KKP, 2023), kerugian pascapanen ikan di Indonesia diperkirakan mencapai 20–30% dari total produksi tahunan. Kerugian ini terjadi dalam dua bentuk:

- ✓ *Losses* kuantitatif, yaitu berkurangnya volume produk akibat pembusukan dan kerusakan fisik.
- ✓ *Losses* kualitatif, yaitu penurunan mutu yang berdampak pada cita rasa, tekstur, nilai gizi, bahkan keamanan pangan, sehingga harga jual turun drastis.

Penyebab utama tingginya *losses* antara lain keterbatasan fasilitas pendinginan (*cold chain*), rendahnya kesadaran nelayan dan pembudidaya terhadap standar higienitas, serta infrastruktur pascapanen yang belum merata.

### D. Strategi Peningkatan Penanganan Hasil Perikanan

Untuk menekan kerugian pascapanen, sejumlah strategi dapat diterapkan, baik pada tingkat nelayan, pembudidaya, maupun pelaku industri:

- ✓ Peningkatan fasilitas *cold storage* dan *cold chain* di sentra produksi perikanan, sehingga ikan dapat segera didinginkan setelah panen.
- ✓ Pelatihan nelayan dan pembudidaya mengenai prinsip GHP (*Good Handling Practices*) yang menekankan

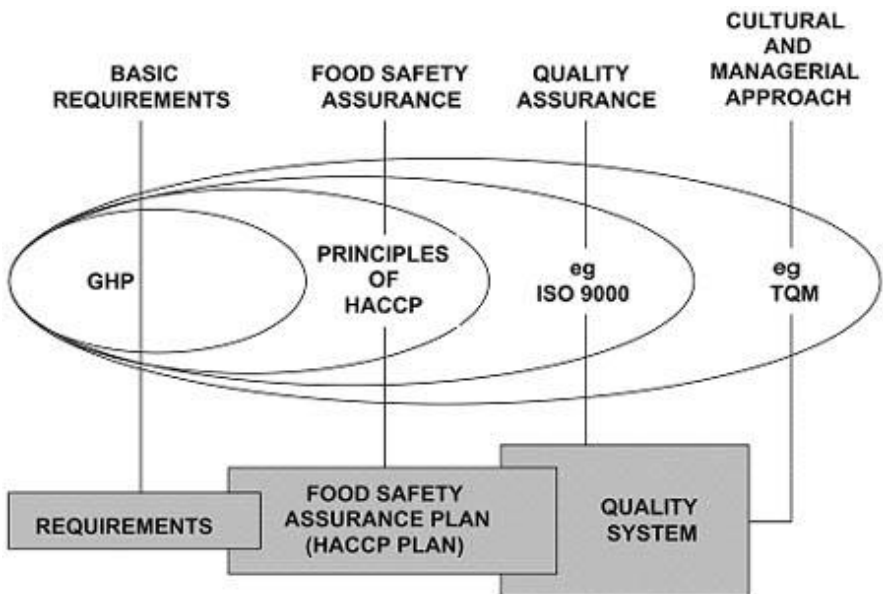
pentingnya kebersihan, pendinginan cepat, dan pengendalian kontaminasi.

- ✓ Penguatan regulasi dan standar mutu yang mengacu pada SNI maupun standar internasional seperti HACCP.
- ✓ Penerapan teknologi sederhana dan murah, misalnya penggunaan *ice slurry* yang lebih efektif dibanding es balok biasa dalam menjaga kesegaran ikan.

Dengan strategi ini, Indonesia dapat mengurangi kerugian pascapanen sekaligus meningkatkan daya saing produk perikanan di pasar global.

## 4.2 Good Handling Practices (GHP) dan Good Manufacturing Practices (GMP)

### A. Pentingnya GHP dan GMP dalam Rantai Pasok Perikanan



**Gambar 11. Keamanan dan mutu pangan, pendekatan terpadu**  
(Sumber: Jouve, 1998).

Produk perikanan dikenal sebagai bahan pangan bernilai gizi tinggi namun sangat mudah rusak. Oleh karena itu, pengendalian mutu sejak tahap penangkapan hingga pengolahan menjadi hal yang mutlak dilakukan. Dua konsep utama yang menjadi acuan internasional adalah *Good Handling Practices* (GHP) dan *Good Manufacturing Practices* (GMP).

- ✓ GHP berfokus pada penanganan ikan sejak ditangkap atau dipanen, kemudian dikumpulkan, dicuci, disortir, hingga disimpan sementara.
- ✓ GMP berlaku di unit pengolahan hasil perikanan, yang memastikan agar produk diolah sesuai standar mutu, aman dikonsumsi, dan memenuhi persyaratan ekspor.

Kedua prinsip ini saling melengkapi. Apabila GHP tidak diterapkan di hulu, ikan sudah rusak sebelum masuk ke pabrik. Sebaliknya, meskipun bahan baku baik, produk tetap bisa ditolak pasar ekspor bila pengolahan tidak sesuai dengan GMP.

### **E. *Good Handling Practices* (GHP)**

GHP adalah pedoman dasar untuk menjaga mutu dan keamanan ikan di tahap pascapanen awal. Menurut BSN (2017), beberapa aspek penting yang harus diperhatikan meliputi:

- a. Kebersihan Sarana Tangkap dan Wadah
  - ✓ Kapal, palka penyimpanan, serta wadah harus dibersihkan menggunakan air bersih dan didesinfeksi secara berkala.
  - ✓ Palka sebaiknya dilapisi bahan anti-karat dan mudah dicuci, misalnya *fiberglass*.

b. Penanganan Ikan di Atas Kapal

- ✓ Ikan hasil tangkapan harus segera dicuci dengan air laut bersih untuk menghilangkan lendir, darah, dan kotoran.
- ✓ Hasil tangkapan non-target (*by-catch*) dan sampah harus dipisahkan agar tidak mencemari ikan utama.

c. Pendinginan Cepat (*Chilling*)

- ✓ Pendinginan segera dilakukan untuk menurunkan suhu tubuh ikan hingga 0–4 °C. Metode paling umum adalah penggunaan es balok yang dihancurkan atau *flake ice*.

d. Higienitas Pekerja

- ✓ Pekerja diwajibkan menjaga kebersihan diri, menggunakan sarung tangan, sepatu bot, serta pakaian kerja yang bersih.
- ✓ Kontak langsung tangan dengan ikan sebisa mungkin dihindari untuk mencegah kontaminasi silang.

e. Pencegahan Kontaminasi

- ✓ Ikan tidak boleh diletakkan di lantai kapal atau dermaga.
- ✓ Air laut yang digunakan harus bebas dari pencemaran kimia dan mikrobiologis.
- ✓ Seluruh wadah penyimpanan dan peralatan harus dicuci dengan air bersih setelah digunakan.

Penerapan GHP tidak hanya menjaga kesegaran ikan, tetapi juga menjadi syarat dasar dalam sistem keamanan pangan global.

## **F. Good Manufacturing Practices (GMP)**

Jika GHP berlaku di hulu (*on board* atau pascapanen awal), maka GMP diterapkan di unit pengolahan hasil perikanan. GMP bertujuan agar proses produksi berjalan sesuai standar keamanan pangan, higienis, dan menghasilkan produk bermutu tinggi. Menurut BSN (2017), ruang lingkup GMP meliputi:

- a. Desain dan Tata Letak Fasilitas
  - ✓ Pabrik harus memiliki pemisahan antara zona kotor (penerimaan bahan baku, pencucian awal) dan zona bersih (fillet, pengemasan).
  - ✓ Dinding, lantai, dan langit-langit dibuat dari bahan yang mudah dibersihkan dan tahan kelembapan.
  - ✓ Sistem ventilasi dan pencahayaan memadai untuk mencegah kelembaban berlebih.
- b. Sanitasi dan Higiene
  - ✓ Harus tersedia prosedur pembersihan standar (*Cleaning in Place/CIP*).
  - ✓ Program pengendalian hama (rodent, serangga) wajib diterapkan.
  - ✓ Pekerja dilatih mengenai higiene pribadi, termasuk kewajiban mencuci tangan, penggunaan masker, dan larangan merokok atau makan di area produksi.
- c. Kontrol Proses Produksi
  - ✓ Setiap tahapan mulai dari penerimaan bahan baku, pencucian, pemotongan, pembekuan, hingga pengemasan harus dikendalikan dengan parameter mutu yang jelas.
  - ✓ Suhu penyimpanan produk beku dijaga pada  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$  atau lebih rendah agar mutu terjaga selama distribusi (Codex, 2003).

d. Dokumentasi dan Pencatatan (*Traceability*)

- ✓ Semua proses harus terdokumentasi untuk memudahkan penelusuran bila terjadi masalah keamanan pangan.
- ✓ Labeling produk harus jelas, mencantumkan tanggal produksi, nomor batch, dan informasi distribusi.

## G. Penerapan GHP dan GMP di Indonesia

Di Indonesia, penerapan GHP dan GMP masih menghadapi sejumlah tantangan, terutama di kalangan nelayan skala kecil dan unit pengolahan tradisional. Keterbatasan akses es, *Cold Storage*, dan fasilitas sanitasi menyebabkan mutu ikan sering turun sebelum masuk pasar. Akibatnya, produk Indonesia kerap ditolak di pasar internasional karena tidak memenuhi persyaratan keamanan pangan.

Namun, dengan meningkatnya permintaan ekspor dan berkembangnya standar global seperti HACCP (*Hazard Analysis Critical Control Point*), penerapan GHP dan GMP menjadi semakin mendesak. Negara-negara seperti Jepang, Uni Eropa, dan Amerika Serikat menetapkan persyaratan ketat terkait higiene, residu kimia, dan pengendalian rantai dingin. Hal ini mendorong Indonesia untuk terus memperbaiki sistem penanganan ikan dari hulu hingga hilir.

### 4.3 Standar Mutu dan Sertifikasi (HACCP, ISO, *Traceability*)

#### A. Pentingnya Standar Mutu dalam Industri Perikanan

Produk perikanan merupakan salah satu komoditas utama yang diperdagangkan secara global. Namun, sifatnya yang mudah rusak membuat produk ini rentan terhadap penurunan mutu dan

pencemaran mikrobiologis maupun kimia. Oleh karena itu, standar mutu dan sertifikasi menjadi instrumen penting untuk menjamin keamanan pangan, kepercayaan konsumen, dan daya saing produk di pasar internasional. Negara-negara importir seperti Uni Eropa, Jepang, dan Amerika Serikat menetapkan persyaratan ketat terkait keamanan pangan, *Traceability*, serta sistem manajemen mutu yang terintegrasi. Industri perikanan yang tidak memenuhi standar tersebut berisiko tinggi menghadapi penolakan produk, larangan ekspor, atau penurunan nilai jual.

Di Indonesia, penerapan standar mutu perikanan telah diatur melalui berbagai regulasi nasional, seperti Standar Nasional Indonesia (SNI), sertifikasi *Hazard Analysis Critical Control Point* (HACCP), *Good Manufacturing Practices* (GMP), hingga adopsi standar internasional seperti ISO 22000. Selain itu, sistem ketertelusuran (*traceability system*) juga mulai diterapkan secara digital untuk mendukung transparansi rantai pasok.

## **B. Hazard Analysis Critical Control Point (HACCP)**

HACCP adalah sistem manajemen keamanan pangan berbasis analisis risiko yang bertujuan untuk mencegah, mengurangi, atau menghilangkan bahaya yang mungkin timbul dalam proses produksi. Prinsip utama HACCP adalah mengidentifikasi titik kritis (*Critical Control Points/CCP*) dalam rantai produksi, kemudian menetapkan tindakan pengendalian yang terukur.

Contoh penerapan HACCP pada industri perikanan adalah pengendalian suhu penyimpanan ikan. Jika suhu penyimpanan naik di atas 4 °C, maka risiko pertumbuhan bakteri patogen meningkat secara signifikan. Dalam hal ini, suhu penyimpanan merupakan CCP yang harus dipantau secara ketat, dan tindakan korektif (*corrective action*) dilakukan jika standar tidak terpenuhi, misalnya dengan menolak produk atau memperbaiki sistem pendinginan (Huss, 1995).

Tabel 4. Tujuh Prinsip HACCP

| Prinsip                                                                    | Uraian                                                                                                                                             | Contoh dalam Industri Perikanan                                                                                    |
|----------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Identifikasi Bahaya dan Penentuan Tindakan Pencegahan</b>               | Mengidentifikasi potensi bahaya (biologi, kimia, fisik) pada setiap tahap produksi dan menentukan tindakan pencegahan.                             | Bahaya biologi: <i>Salmonella</i> pada ikan; Bahaya kimia: residu logam berat; Bahaya fisik: serpihan duri/tulang. |
| <b>Menentukan Titik Kendali Kritis (<i>Critical Control Point/CCP</i>)</b> | Menentukan titik proses di mana pengendalian dapat dilakukan untuk mencegah, menghilangkan, atau mengurangi bahaya ke tingkat yang dapat diterima. | CCP pada penyimpanan ikan: pengendalian suhu $\leq 4\text{ }^{\circ}\text{C}$ untuk mencegah pertumbuhan bakteri.  |
| <b>Menetapkan Batas Kritis (<i>Critical Limits</i>)</b>                    | Menentukan kriteria atau standar yang harus dipenuhi agar CCP dapat dikendalikan secara efektif.                                                   | Suhu penyimpanan harus $\leq 4\text{ }^{\circ}\text{C}$ , kadar histamin $\leq 50\text{ ppm}$ .                    |
| <b>Menetapkan Prosedur Pemantauan</b>                                      | Menetapkan cara untuk mengukur dan memantau CCP agar                                                                                               | Pencatatan suhu harian ruang penyimpanan                                                                           |

| <b>Prinsip</b>                                                  | <b>Uraian</b>                                                                                   | <b>Contoh dalam Industri Perikanan</b>                                                         |
|-----------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>(Monitoring Procedures)</b>                                  | tetap berada dalam batas kritis.                                                                | dengan termometer digital.                                                                     |
| <b>Menetapkan Tindakan Korektif (Corrective Actions)</b>        | Menentukan langkah yang harus dilakukan jika hasil pemantauan menunjukkan CCP tidak terkendali. | Jika suhu ruang penyimpanan naik > 4 °C, produk dipisahkan dan diuji ulang sebelum dipasarkan. |
| <b>Menetapkan Prosedur Verifikasi (Verification Procedures)</b> | Mengevaluasi keefektifan sistem HACCP secara berkala melalui audit, pengujian, atau inspeksi.   | Audit internal HACCP, uji mikrobiologi pada sampel ikan.                                       |
| <b>Menetapkan Dokumentasi dan Pencatatan (Record Keeping)</b>   | Membuat dan menyimpan catatan yang lengkap sebagai bukti penerapan HACCP.                       | Formulir pemantauan suhu, laporan hasil uji laboratorium, catatan tindakan korektif.           |

Di Indonesia, penerapan HACCP dalam industri perikanan diatur melalui Peraturan Menteri Kelautan dan Perikanan No. 52/Permen-KP/2014, yang mewajibkan unit pengolahan hasil perikanan memiliki sistem HACCP sebagai syarat untuk mendapatkan izin ekspor. Hal ini selaras dengan standar Codex Alimentarius (2003) yang menjadi acuan global dalam keamanan pangan.

### C. ISO 22000

Selain HACCP, standar ISO 22000 juga memiliki peran penting dalam industri perikanan. ISO 22000 merupakan sistem manajemen keamanan pangan yang mengintegrasikan prinsip HACCP dengan persyaratan sistem manajemen mutu (*Quality Management System*). Standar ini bersifat lebih komprehensif karena mencakup:

- ✓ Manajemen risiko keamanan pangan (hazard control melalui HACCP).
- ✓ Komunikasi interaktif antara semua pihak dalam rantai pangan, mulai dari pemasok pakan hingga konsumen.
- ✓ Sistem manajemen mutu yang berbasis pada standar ISO 9001.
- ✓ Perbaikan berkelanjutan (*continuous improvement*) melalui audit internal, evaluasi manajemen, dan pengendalian dokumen.

Penerapan ISO 22000 memberi nilai tambah bagi industri perikanan karena meningkatkan kredibilitas perusahaan di mata konsumen internasional. Produk dengan sertifikasi ISO 22000 umumnya lebih mudah diterima di pasar ekspor, terutama di Uni Eropa dan Amerika Utara (Arvanitoyannis & Kassaveti, 2008).

### D. Sistem Ketertelusuran (*Traceability System*)

Dalam perdagangan internasional, *traceability* atau ketertelusuran menjadi aspek penting untuk menjamin keamanan pangan sekaligus keberlanjutan sumber daya perikanan. *Traceability* memungkinkan setiap produk dapat ditelusuri asal-usulnya, mulai dari lokasi penangkapan, jenis alat tangkap, hingga proses distribusi. Uni Eropa, misalnya, mewajibkan sertifikat ketertelusuran untuk setiap produk perikanan yang masuk ke wilayahnya (EU Regulation No. 1224/2009).

Di Indonesia, sistem ketertelusuran juga telah dikembangkan, antara lain melalui:

- ✓ *Logbook* penangkapan elektronik (*e-logbook*): mencatat data hasil tangkapan, lokasi, dan waktu penangkapan.
- ✓ Sertifikat Kesehatan Ikan dan Produk Perikanan (SKIPP): dokumen resmi yang menjamin produk bebas penyakit ikan dan aman dikonsumsi.
- ✓ Platform *e-logistics* KKP (STELINA): sistem digital yang memfasilitasi ketertelusuran rantai pasok ikan dari nelayan hingga konsumen (KKP, 2021).

Dengan adanya *traceability*, konsumen dapat memastikan bahwa produk perikanan yang mereka konsumsi berasal dari sumber yang legal, berkelanjutan, dan aman.

## **E. Tantangan dan Peluang Penerapan Standar Mutu**

Meskipun penting, penerapan standar mutu dan sertifikasi di Indonesia menghadapi sejumlah tantangan. Nelayan kecil dan unit pengolahan tradisional sering mengalami keterbatasan dalam infrastruktur rantai dingin, akses pembiayaan, serta pemahaman teknis mengenai HACCP dan ISO 22000. Hal ini menyebabkan masih banyak produk perikanan Indonesia yang ditolak di pasar internasional karena tidak memenuhi standar keamanan pangan.

Namun, di sisi lain, peluang pengembangan sertifikasi mutu sangat besar. Permintaan konsumen global terhadap produk perikanan yang aman, sehat, berkualitas, dan berkelanjutan terus meningkat. Dengan penerapan standar mutu yang konsisten, industri perikanan Indonesia berpotensi meningkatkan daya saing, memperluas akses pasar, serta mendukung pencapaian tujuan pembangunan berkelanjutan (SDGs), khususnya dalam hal ketahanan pangan dan pengelolaan sumber daya laut.

## 4.4 Sistem Digitalisasi Rantai Pasok Perikanan

Rantai pasok perikanan merupakan sistem yang kompleks, mencakup aktivitas mulai dari penangkapan atau budidaya, pengolahan, penyimpanan, hingga distribusi kepada konsumen. Kompleksitas ini semakin tinggi karena produk perikanan bersifat mudah rusak (*perishable goods*) dan memerlukan pengelolaan khusus agar mutu tetap terjaga. Di era transformasi digital, penerapan teknologi informasi dalam rantai pasok perikanan menjadi strategi kunci untuk menjawab tantangan mutu, efisiensi, serta keberlanjutan. Digitalisasi rantai pasok juga sejalan dengan tren global menuju ekonomi biru (*Blue Economy*) dan prinsip keberlanjutan pangan laut.

Digitalisasi pada sektor perikanan dapat diimplementasikan dalam berbagai tahapan, mulai dari pemantauan produksi menggunakan sensor, ketertelusuran (*traceability*) melalui *blockchain*, efisiensi distribusi dengan platform *e-commerce*, hingga pengambilan keputusan berbasis big data dan kecerdasan buatan (AI). Dengan sistem yang terintegrasi, rantai pasok perikanan menjadi lebih transparan, efisien, dan adaptif terhadap kebutuhan pasar global.

### A. Teknologi *Internet of Things* (IoT) dalam Monitoring Mutu

*Internet of Things* (IoT) merupakan teknologi yang menghubungkan perangkat sensor dengan jaringan internet untuk mengumpulkan dan mengirimkan data secara real time. Dalam konteks perikanan, IoT memiliki peran penting untuk menjaga mutu ikan setelah panen, khususnya pada tahap penyimpanan dan distribusi.

Sensor IoT dapat ditempatkan di dalam kontainer, gudang penyimpanan, atau kendaraan pengangkut untuk memantau suhu, kelembaban, hingga kadar oksigen. Data yang diperoleh kemudian diintegrasikan dengan aplikasi berbasis *cloud*, sehingga pelaku usaha dapat melakukan pemantauan kualitas

produk dari jarak jauh. Misalnya, jika suhu penyimpanan ikan naik di atas 4 °C, sistem akan memberikan peringatan otomatis agar dilakukan tindakan korektif. Hal ini terbukti mampu mengurangi kerugian akibat kerusakan ikan selama transportasi (Aung & Chang, 2014).

Kasus penerapan IoT di Indonesia mulai terlihat pada perusahaan rintisan (*start-up*) seperti e-Fishery, yang menggunakan sensor IoT untuk pemantauan kualitas air kolam dan pemberian pakan otomatis pada budidaya ikan. Teknologi ini tidak hanya meningkatkan efisiensi produksi, tetapi juga memastikan hasil panen memiliki mutu yang lebih baik ketika masuk ke rantai pasok.

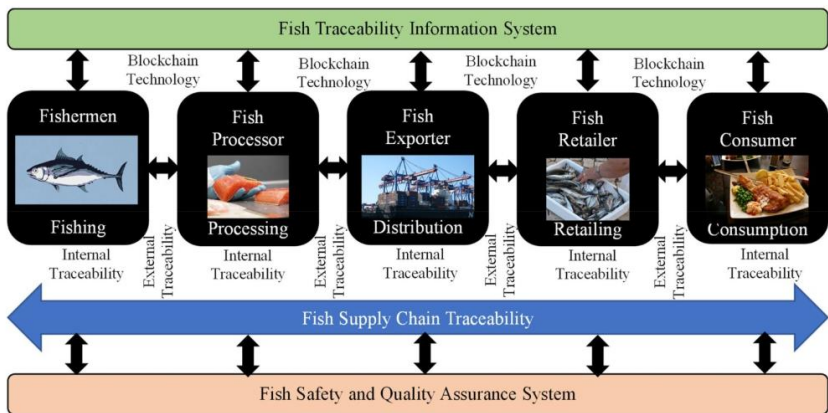
## **B. Blockchain untuk Traceability**

Ketertelusuran (*traceability*) menjadi isu penting dalam perdagangan produk perikanan global. Konsumen internasional, khususnya di Amerika Serikat, Uni Eropa, dan Jepang, semakin menuntut adanya jaminan asal-usul produk perikanan yang mereka konsumsi, termasuk aspek legalitas tangkapan, keamanan pangan, hingga keberlanjutan ekologi. Untuk menjawab kebutuhan ini, teknologi *blockchain* hadir sebagai solusi.

*Blockchain* merupakan sistem pencatatan digital yang bersifat transparan, terdistribusi, dan tidak dapat diubah. Dalam rantai pasok perikanan, *blockchain* memungkinkan setiap tahapan — mulai dari penangkapan ikan, proses pengolahan, transportasi, hingga sampai ke tangan konsumen dicatat secara digital dan diverifikasi oleh semua pihak yang terlibat. Dengan demikian, konsumen dapat melacak asal-usul ikan hanya melalui pemindaian kode QR pada kemasan produk (Aung & Chang, 2014).

Beberapa negara maju telah berhasil mengadopsi teknologi ini. Jepang, misalnya, menggunakan *blockchain* untuk memastikan

produk tuna yang masuk ke pasar domestik berasal dari sumber yang legal dan berkelanjutan. Norwegia juga menerapkannya pada rantai pasok salmon untuk menjaga kepercayaan pasar Eropa. Di Indonesia, diperlukan inisiatif serupa yang melibatkan nelayan tuna dalam sistem *blockchain* untuk ekspor produk tuna ke pasar internasional.



**Gambar 12. Kerangka konseptual sistem ketertelusuran ikan**  
(Sumber: Aung & Chang, 2014)

### C. *E-commerce* dan *Marketplace* Perikanan

Digitalisasi rantai pasok juga mencakup aspek distribusi dan pemasaran. Perubahan perilaku konsumen global, terutama sejak pandemi COVID-19, menunjukkan peningkatan signifikan pada pembelian produk perikanan melalui platform daring (*online Marketplace*). Hal ini membuka peluang besar bagi nelayan dan pelaku usaha kecil di Indonesia untuk menjangkau konsumen lebih luas tanpa melalui terlalu banyak perantara.

Beberapa *start-up* lokal menjadi pionir dalam bidang ini. Aruna, misalnya, berhasil membangun ekosistem digital yang menghubungkan nelayan langsung dengan pasar domestik maupun ekspor. Dengan sistem aplikasi berbasis data, Aruna

mampu memberikan transparansi harga, memperpendek rantai distribusi, serta meningkatkan pendapatan nelayan. Sementara itu, e-Fishery mengembangkan pasar digital untuk hasil budidaya, sehingga pembudidaya dapat menjual produknya secara langsung dengan harga lebih kompetitif.

*E-commerce* perikanan tidak hanya memperluas pasar, tetapi juga menciptakan data besar (*big data*) yang dapat dianalisis untuk memahami tren konsumsi, fluktuasi harga, hingga pola permintaan global. Data ini menjadi aset penting dalam pengambilan keputusan, baik bagi pemerintah maupun pelaku usaha, untuk mengoptimalkan strategi bisnis dan pengelolaan sumber daya.

#### **D. Tantangan Implementasi Digitalisasi**

Meskipun digitalisasi rantai pasok perikanan menawarkan berbagai keuntungan, penerapannya masih menghadapi sejumlah tantangan. Beberapa kendala utama antara lain:

- ✓ Keterbatasan infrastruktur digital di wilayah pesisir dan sentra nelayan, termasuk akses internet dan listrik.
- ✓ Kurangnya literasi digital pada sebagian besar nelayan dan pembudidaya, sehingga dibutuhkan program pelatihan yang berkesinambungan.
- ✓ Tingginya biaya awal investasi untuk perangkat sensor, *blockchain*, dan platform digital.
- ✓ Keterbatasan regulasi dan standar nasional terkait penggunaan teknologi digital pada sektor perikanan.

Untuk mengatasi kendala tersebut, diperlukan kolaborasi antara pemerintah, akademisi, sektor swasta, dan lembaga internasional. Pemerintah dapat menyediakan regulasi pendukung, infrastruktur digital, serta program pendampingan. Sementara sektor swasta dapat berperan dalam inovasi teknologi, investasi, dan pengembangan model bisnis yang inklusif.

## D. Implikasi terhadap Keberlanjutan dan Pasar Global

Digitalisasi rantai pasok tidak hanya berdampak pada efisiensi ekonomi, tetapi juga mendukung keberlanjutan (*Sustainability*). Dengan sistem monitoring berbasis IoT dan *blockchain*, praktik *illegal, unreported, and unregulated (IUU) fishing* dapat ditekan, sekaligus memberikan jaminan kepada konsumen bahwa produk yang mereka konsumsi ramah lingkungan dan adil bagi nelayan.

Selain itu, penerapan teknologi digital mendukung pencapaian *Sustainable Development Goals (SDGs)*, khususnya tujuan ke-14 (*Life Below Water*) dan tujuan ke-12 (*Responsible Consumption and Production*). Dengan demikian, Indonesia dapat memperkuat posisinya dalam pasar global sekaligus berkontribusi pada agenda pembangunan berkelanjutan dunia.

## 4.5 Kesimpulan

Penanganan hasil perikanan menuntut penerapan prinsip yang tepat sejak ikan ditangkap hingga siap dipasarkan, karena sifatnya yang mudah rusak (*highly perishable*). Upaya menjaga mutu dilakukan melalui pengendalian suhu rendah dengan es atau pendingin, sanitasi ketat untuk mencegah kontaminasi, serta penanganan yang cepat agar ikan tetap segar. Prinsip-prinsip ini memastikan ikan yang dipasarkan memiliki kualitas sesuai standar keamanan pangan dan dapat diterima di pasar domestik maupun internasional. Dengan demikian, pengelolaan yang baik pada tahap awal rantai pasok menjadi kunci keberhasilan dalam menjaga mutu, nilai ekonomi, dan daya saing produk perikanan.

Di sisi lain, perkembangan teknologi mendorong integrasi digitalisasi dalam rantai pasok perikanan. Inovasi seperti penggunaan sensor IoT untuk monitoring suhu, *blockchain* untuk *traceability*, serta platform *e-commerce* untuk distribusi, memungkinkan terciptanya sistem yang transparan, efisien, dan

berkelanjutan. Digitalisasi bukan hanya meningkatkan efisiensi ekonomi dan daya saing di pasar global, tetapi juga mendukung keberlanjutan sumber daya laut serta kesejahteraan nelayan. Oleh karena itu, kombinasi penerapan prinsip penanganan hasil perikanan yang baik dengan transformasi digitalisasi rantai pasok akan menjadi fondasi penting bagi masa depan sektor perikanan Indonesia.

## BAB 5

# TEKNOLOGI PENANGANAN IKAN SEGAR/IKAN BASAH

### 5.1 Teknologi Pendinginan Modern dalam Penanganan Hasil Perikanan

Aktivitas enzim, oksidasi lipid, dan pertumbuhan mikroorganisme menyebabkan mutu ikan menurun hanya dalam hitungan jam jika tidak dilakukan penanganan yang tepat. Oleh karena itu, teknologi pendinginan menjadi metode utama yang paling banyak diterapkan untuk mempertahankan kesegaran dan mutu ikan. Pendinginan tidak hanya memperlambat proses pembusukan, tetapi juga menentukan nilai ekonomi produk perikanan, daya saing di pasar, serta keberterimaan konsumen.

Perkembangan teknologi menunjukkan adanya tiga kelompok utama metode pendinginan, yaitu refrigerasi konvensional, *slurry ice*, dan *superchilling*. Ketiga metode ini memiliki keunggulan, kelemahan, serta tingkat penerapan yang berbeda, baik di Indonesia maupun di dunia.

#### A. Refrigerasi Konvensional

Refrigerasi konvensional merupakan metode paling sederhana sekaligus paling banyak digunakan dalam penanganan ikan di Indonesia. Prinsip dasarnya adalah menurunkan suhu tubuh ikan mendekati titik beku air (sekitar 0 °C), sehingga memperlambat aktivitas enzimatis dan pertumbuhan mikroba. Pada praktiknya, pendinginan dilakukan menggunakan es balok yang dihancurkan, es curah (*flake ice*), atau sistem pendinginan mekanis dalam ruang berinsulasi.

Metode ini populer karena relatif murah, mudah diterapkan, serta tidak membutuhkan teknologi tinggi. Rasio penggunaan es terhadap ikan biasanya 1:1 terutama untuk pelayaran panjang (Huss, 1995). Namun, kelemahan yang sering ditemui adalah distribusi suhu yang tidak merata. Pada penyimpanan ikan dalam jumlah besar, bagian ikan yang tidak langsung kontak dengan es dapat mengalami kenaikan suhu, sehingga mutu ikan tidak seragam. Selain itu, penggunaan es balok seringkali menyebabkan kerusakan mekanis pada ikan akibat gesekan dan tekanan.

### **B. *Slurry Ice***

*Slurry Ice* merupakan inovasi yang relatif baru dan mulai banyak diterapkan di industri perikanan modern. Teknologi ini berupa campuran kristal es mikro dengan larutan air garam atau air laut, menghasilkan media pendingin yang berbentuk semi-cair. Karakteristik ini memungkinkan *slurry ice* melingkupi seluruh permukaan tubuh ikan secara merata, termasuk bagian rongga insang dan perut, yang sering menjadi pusat awal pembusukan.

Keunggulan *slurry ice* meliputi:

- ✓ Suhu lebih rendah dan stabil (sekitar  $-1^{\circ}\text{C}$ ) tanpa membekukan ikan.
- ✓ Pendinginan cepat dan homogen, karena es mikro menempel pada seluruh bagian tubuh ikan.
- ✓ Mengurangi kerusakan fisik pada ikan dibandingkan es balok, karena teksturnya lebih lembut.
- ✓ Umur simpan lebih panjang, terbukti mampu meningkatkan masa simpan ikan hingga 15–20% lebih lama dibanding pendinginan konvensional (Medina *et al.*, 2005).

Teknologi ini sudah banyak digunakan di kapal penangkap ikan skala industri di Eropa dan Amerika Utara, khususnya untuk komoditas bernilai tinggi seperti tuna, salmon, dan cod. Di

Indonesia, penerapannya masih terbatas karena memerlukan investasi tambahan untuk generator *slurry ice* dan sistem penyimpanan yang sesuai. Namun, dalam jangka panjang, teknologi ini berpotensi besar mendukung peningkatan mutu produk perikanan ekspor.

### C. *Superchilling*

*Superchilling* adalah teknologi pendinginan lanjutan yang dilakukan pada suhu  $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$  hingga  $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$ , yaitu sedikit di bawah titik beku jaringan ikan. Pada kondisi ini, sekitar 5–30% air dalam jaringan membeku, sehingga memperlambat aktivitas mikroba dan enzim, namun tidak menyebabkan perubahan struktur besar pada jaringan (Duun & Rustad, 2007).

Keunggulan *Superchilling* antara lain:

- ✓ Memperpanjang umur simpan ikan hingga 2 kali lipat dibanding penyimpanan dengan es konvensional.
- ✓ Mempertahankan kesegaran organoleptik, termasuk warna, tekstur, dan aroma ikan.
- ✓ Mengurangi biaya distribusi karena tidak membutuhkan jumlah es sebanyak metode konvensional.

Teknologi ini banyak diterapkan di negara-negara Skandinavia, seperti Norwegia dan Islandia, terutama untuk komoditas salmon, cod, dan mackerel yang menjadi andalan ekspor. Tantangan penerapannya di Indonesia terletak pada biaya operasional yang tinggi dan kebutuhan fasilitas kapal atau industri dengan desain khusus yang mampu menjaga suhu *Superchilling* secara konsisten. Meski demikian, peluang penerapan teknologi ini cukup besar terutama untuk mendukung ekspor ikan bernilai tinggi ke pasar Jepang, Eropa, dan Amerika.

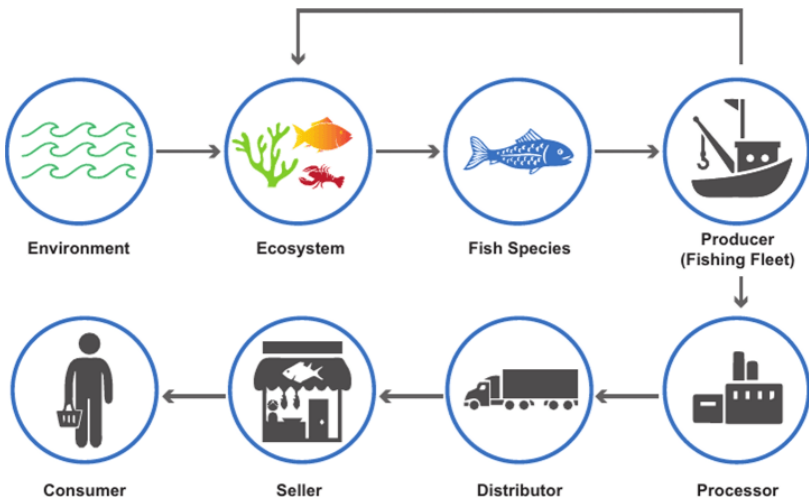
## D. Implikasi bagi Indonesia

Bagi Indonesia, pemilihan teknologi pendinginan harus mempertimbangkan skala usaha, jenis komoditas, dan target pasar. Untuk nelayan kecil dan menengah, refrigerasi dengan es masih relevan, asalkan ditunjang dengan distribusi es yang merata dan sanitasi yang baik. Namun, untuk industri pengolahan dan ekspor, terutama ikan tuna, udang, dan salmon tropis, *slurry ice* dan *Superchilling* menawarkan solusi yang lebih efektif untuk memenuhi standar mutu internasional.

## 5.2 Sistem Rantai Dingin (*Cold Chain System*)

### A. Komponen dan Tahapan Rantai Dingin

Rantai dingin perikanan merupakan suatu sistem berkesinambungan yang melibatkan serangkaian tahapan mulai dari pendinginan awal (*pre-cooling*), penyimpanan dingin, transportasi berpendingin, hingga distribusi ke konsumen akhir. Agar efektif, setiap tahapan harus saling terintegrasi dan tidak boleh mengalami putus rantai. Menurut James & James (2010), kegagalan di salah satu titik akan menurunkan kualitas secara signifikan dan tidak dapat dipulihkan pada tahap berikutnya.



**Gambar 13. Seafood Supply Chain**

(Sumber:

[https://ebrary.net/172770/management/seafood\\_supply\\_chains](https://ebrary.net/172770/management/seafood_supply_chains))

Komponen utama rantai dingin antara lain:

- ✓ *Pre-cooling* di kapal atau pelabuhan – dilakukan segera setelah ikan ditangkap. Teknologi yang digunakan antara lain es balok, *slurry ice*, dan refrigerasi mekanis
- ✓ *Cold Storage* – gudang berpendingin untuk penyimpanan jangka menengah maupun panjang. Suhu bervariasi antara 0 °C (ikan segar) hingga -18 °C (ikan beku).
- ✓ *Cold transport* – truk berpendingin, kontainer reefer, atau kapal dengan palka berinsulasi. Distribusi harus mempertahankan suhu yang sama dengan *Cold Storage* agar kualitas tetap terjaga.
- ✓ *Cold display* di pasar/ritel – pendinginan akhir sebelum ikan diterima konsumen. Teknologi *display freezer* atau *chilled cabinet* umum digunakan di supermarket modern.

Dengan kata lain, rantai dingin merupakan sebuah jaringan logistik berbasis suhu rendah yang dirancang untuk memperlambat kerusakan biologis, kimia, dan mikrobiologis pada hasil perikanan.

## B. Teknologi Penunjang Rantai Dingin

Dalam perkembangannya, penerapan rantai dingin semakin didukung oleh teknologi baru yang meningkatkan efisiensi dan keandalan. Beberapa inovasi yang banyak digunakan antara lain:

- ✓ Sensor suhu dan IoT (*Internet of Things*): memungkinkan pemantauan suhu real-time sepanjang distribusi. Jika terjadi deviasi suhu, sistem akan memberikan alarm agar tindakan korektif dapat segera dilakukan (Ben-Daya *et al.*, 2019).
- ✓ Data loggers: digunakan untuk merekam suhu di dalam kontainer atau truk berpendingin. Data ini penting sebagai bukti mutu dan keamanan pangan.
- ✓ Kontainer reefer modern: mampu mempertahankan suhu hingga  $-30^{\circ}\text{C}$  dengan sistem kontrol kelembaban dan ventilasi.
- ✓ *Blockchain* untuk *traceability*: mulai diadopsi pada rantai pasok perikanan global, khususnya ekspor tuna, untuk menjamin keaslian data mutu, asal tangkapan, dan waktu distribusi (Blaha & Katafono, 2020).

Teknologi tersebut menjadikan sistem rantai dingin tidak hanya sebatas menjaga suhu, tetapi juga sebagai platform manajemen mutu dan keamanan pangan berbasis digital.

## C. Tantangan Penerapan Rantai Dingin di Indonesia

Meskipun konsep rantai dingin sudah lama diperkenalkan, implementasinya di Indonesia masih menghadapi beberapa kendala serius akibat tidak optimalnya sistem rantai dingin.

Tantangan utama yang dihadapi antara lain:

- ✓ Keterbatasan fasilitas pendinginan di kapal kecil – sebagian besar kapal tradisional hanya mengandalkan es balok, tanpa insulasi memadai.
- ✓ Kurangnya *Cold Storage* di pelabuhan perikanan – menyebabkan ikan harus segera dijual dalam kondisi segar tanpa penyimpanan yang cukup.
- ✓ Biaya logistik tinggi – distribusi ikan dari wilayah timur Indonesia (sentra produksi) ke wilayah barat (sentra konsumsi) masih belum efisien.
- ✓ Kesenjangan teknologi – pemanfaatan IoT, sensor suhu, dan *blockchain* masih terbatas pada perusahaan besar yang berorientasi ekspor.

Untuk mengatasi tantangan ini, pemerintah telah mendorong pembangunan *integrated cold chain system* di sentra perikanan strategis, seperti Kampar dan Muara Baru. Selain itu, kerja sama dengan sektor swasta diperlukan untuk memperluas jaringan *Cold Storage* dan *cold transport* hingga ke tingkat nelayan kecil. Sistem rantai dingin terintegrasi (*integrated cold chain system*) di KKP mengacu pada penerapan infrastruktur dan teknologi untuk memastikan suhu produk ikan tetap terjaga dari penangkapan hingga sampai ke konsumen, menggunakan fasilitas seperti *Integrated Cold Storage* (ICS) dan platform digital seperti Sistem Informasi Pengelolaan *Cold Storage* (SIPCS) untuk mengelola logistik, penyimpanan, dan pemantauan stok ikan. Tujuannya adalah menjaga kualitas ikan, memperpanjang umur pakainya, dan mendukung distribusi serta ketertelusuran produk perikanan di Indonesia.

## D. Manfaat Strategis Rantai Dingin

Implementasi rantai dingin yang efektif akan memberikan manfaat strategis bagi sektor perikanan Indonesia, di antaranya:

- ✓ Peningkatan mutu dan keamanan pangan – menjaga ikan tetap segar, mengurangi risiko kontaminasi mikroba, serta memenuhi standar HACCP dan ISO 22000.
- ✓ Pengurangan kerugian pascapanen – rantai dingin dapat menekan *post-harvest loss* yang di Indonesia masih cukup tinggi.
- ✓ Peningkatan daya saing ekspor – pasar global, seperti Uni Eropa, Amerika, dan Jepang, mewajibkan penerapan rantai dingin yang konsisten.
- ✓ Efisiensi distribusi nasional – memperpanjang umur simpan ikan memungkinkan distribusi dari wilayah produksi ke konsumen dilakukan dengan lebih fleksibel.
- ✓ Dukungan pada program ketahanan pangan nasional – memastikan ketersediaan protein ikan dengan mutu baik sepanjang tahun.

## E. Arah Pengembangan Rantai Dingin ke Depan

Di masa depan, sistem rantai dingin di Indonesia perlu diarahkan ke model yang lebih terintegrasi, digital, dan berkelanjutan. Pengembangan yang dapat dilakukan antara lain:

- ✓ Digitalisasi logistik dingin dengan IoT, *blockchain*, dan big data untuk memastikan transparansi mutu.
- ✓ *Green cold chain* – penerapan teknologi pendingin ramah lingkungan yang rendah emisi karbon, sejalan dengan agenda SDGs.
- ✓ Pemberdayaan nelayan kecil melalui penyediaan mini *Cold Storage*, *solar-powered ice maker*, dan insentif distribusi.
- ✓ Kolaborasi multi-stakeholder antara pemerintah, industri, lembaga penelitian, dan koperasi nelayan.

Pendekatan ini diharapkan dapat menjawab tantangan sekaligus memanfaatkan peluang besar bagi perikanan Indonesia sebagai produsen ikan terbesar kedua di dunia.

### **5.3 *Smart Monitoring* dengan IoT dan *Blockchain***

#### **A. Integrasi IoT dan *Blockchain* dalam Rantai Pasok Perikanan**

Pemanfaatan *Internet of Things* (IoT) dan *Blockchain* dalam rantai pasok perikanan tidak dapat dipandang sebagai dua teknologi yang terpisah, melainkan sebagai sistem yang saling melengkapi. IoT berfungsi sebagai pengumpul data primer melalui sensor suhu, kelembapan, GPS, serta kondisi fisik produk, sementara *Blockchain* bertugas menyimpan, mengamankan, dan mendistribusikan data tersebut ke seluruh pemangku kepentingan dengan transparan.

Sebagai contoh, ketika ikan tuna ditangkap di laut, sensor berbasis IoT dapat mencatat suhu penyimpanan di dalam palka kapal, serta lokasi penangkapan secara real-time. Data tersebut otomatis dikirim ke platform berbasis *blockchain* yang kemudian dapat diakses oleh eksportir, otoritas sertifikasi, hingga konsumen akhir. Dengan demikian, setiap pihak dalam rantai pasok memperoleh jaminan atas keaslian data mutu dan ketertelusuran produk (Kouhizadeh & Sarkis, 2018).

#### **B. Aplikasi Nyata IoT dan *Blockchain* di Industri Perikanan**

Beberapa studi kasus global menunjukkan bahwa implementasi IoT dan *blockchain* dalam distribusi ikan telah memberikan dampak nyata:

a. Ekspor Tuna ke Uni Eropa dan Jepang

Uni Eropa mensyaratkan dokumen ketertelusuran yang ketat sebagai bagian dari kebijakan anti-IUU fishing. Melalui *blockchain*, eksportir dapat menyediakan catatan digital mengenai waktu, lokasi, serta metode penangkapan. Integrasi dengan sensor IoT memastikan suhu beku  $-18^{\circ}\text{C}$  tetap terjaga selama distribusi (Blaha & Katafono, 2020).

b. Rantai Pasok Salmon di Norwegia

Perusahaan akuakultur di Norwegia menggunakan sensor IoT berbasis *cloud* untuk memantau kualitas air budidaya dan kondisi transportasi ikan. Data ini dicatat dalam *blockchain* sebagai bukti keberlanjutan (*Sustainability record*) yang dapat diakses konsumen di Eropa (Francisco & Swanson, 2018).

c. Pasar Domestik Indonesia

Beberapa startup logistik dingin di Indonesia telah mulai memanfaatkan *data logger* IoT yang terhubung ke aplikasi mobile. Meskipun penggunaan *blockchain* masih terbatas, upaya ini menjadi langkah awal menuju digitalisasi rantai pasok ikan segar di pasar lokal.

### C. Manfaat Strategis bagi Ketahanan Pangan dan Ekspor

Pemanfaatan IoT dan *Blockchain* membawa sejumlah manfaat strategis, baik bagi industri maupun konsumen. Dari sisi industri, penerapan sistem ini mampu meningkatkan efisiensi logistik dengan menekan kerugian pascapanen akibat suhu tidak stabil. Dari sisi konsumen, transparansi informasi mengenai asal-usul

ikan memperkuat *trust* dan memudahkan verifikasi terhadap klaim mutu atau sertifikasi keberlanjutan.

Lebih jauh lagi, penggunaan *blockchain* dapat menjadi senjata diplomasi dagang Indonesia dalam menghadapi standar ketat pasar ekspor. Negara-negara maju semakin menuntut bukti ketertelusuran digital untuk memastikan produk yang masuk tidak berasal dari praktik penangkapan ilegal. Dengan demikian, *Smart Monitoring* berbasis IoT dan *blockchain* tidak hanya menjaga mutu, tetapi juga menjamin daya saing perikanan nasional di pasar global (Blaha & Katafono, 2020).

#### **D. Tantangan Implementasi di Indonesia**

Meskipun potensinya besar, implementasi IoT dan *blockchain* di sektor perikanan Indonesia masih menghadapi sejumlah tantangan:

- ✓ Biaya investasi tinggi untuk sensor, perangkat IoT, dan infrastruktur *blockchain*.
- ✓ Keterbatasan jaringan internet di wilayah pesisir dan laut lepas, sehingga data real-time sering terkendala.
- ✓ Kurangnya literasi digital di kalangan nelayan kecil yang menjadi aktor utama rantai pasok.
- ✓ Kesenjangan skala usaha, di mana perusahaan besar sudah mulai mengadopsi sistem ini, sementara nelayan tradisional masih bergantung pada metode konvensional.

Untuk mengatasi kendala ini, dibutuhkan pendekatan kolaboratif melalui:

- ✓ Program subsidi atau insentif pemerintah dalam pengadaan sensor dan infrastruktur digital.
- ✓ Pelatihan literasi digital bagi nelayan, koperasi, dan UKM pengolah ikan.

- ✓ Pengembangan solusi teknologi berbasis lokal yang lebih terjangkau, seperti sensor IoT berdaya rendah dengan sistem penyimpanan offline sebelum sinkronisasi.

## E. Arah Masa Depan *Smart Monitoring*

Ke depan, sistem *Smart Monitoring* berbasis IoT dan *blockchain* akan berkembang menuju model yang lebih terintegrasi, adaptif, dan ramah lingkungan. Beberapa arah pengembangan yang dapat diprediksi antara lain:

- ✓ Integrasi *Artificial Intelligence* (AI) untuk menganalisis big data dari sensor IoT, misalnya dalam memprediksi risiko kerusakan mutu ikan selama transportasi.
- ✓ *Green technology* dalam rantai dingin, seperti sensor hemat energi dan *blockchain* berbasis *proof-of-stake* yang lebih rendah emisi dibanding *proof-of-work*.
- ✓ Kolaborasi multi-stakeholder antara pemerintah, swasta, akademisi, dan organisasi internasional guna memastikan standarisasi data rantai pasok.
- ✓ Ekosistem digital nasional perikanan yang menggabungkan e-logbook kapal, sertifikat elektronik, hingga *Marketplace* daring untuk distribusi ikan segar.

## 5.4 Inovasi Kemasan Aktif & *Edible Coating*

### A. Konsep dan Dasar Ilmiah

*Edible coating* merupakan salah satu inovasi teknologi pascapanen yang dirancang untuk memperpanjang umur simpan produk perikanan, khususnya ikan segar, dengan cara membentuk lapisan tipis pada permukaan produk. Lapisan ini umumnya dibuat dari biopolimer yang bersifat *biodegradable* dan dapat dikonsumsi, seperti protein (gelatin, kasein, isolat kedelai), polisakarida (kitosan, alginat, pati singkong), maupun lipid (asam

lemak, lilin alami). Selain berfungsi sebagai penghalang fisik terhadap kehilangan kelembapan dan oksigen, *edible coating* juga dapat diperkaya dengan zat bioaktif seperti antioksidan, antimikroba, atau minyak atsiri, sehingga lapisan tersebut berperan ganda sebagai pengawet alami (Hassan *et al.*, 2018).

Konsep *edible coating* berbeda dengan *packaging* konvensional berbasis plastik. Jika plastik hanya berfungsi sebagai penghalang eksternal, *edible coating* justru melekat langsung pada permukaan ikan, menciptakan perlindungan mikro terhadap proses deteriorasi. Dalam konteks keberlanjutan, *edible coating* juga menjawab permasalahan lingkungan akibat limbah plastik sekali pakai yang selama ini mendominasi sistem rantai pasok pangan.

## B. Mekanisme Kerja pada Produk Perikanan

Aplikasi *edible coating* pada ikan segar bekerja melalui beberapa mekanisme utama:

### a. Pengendalian Transmisi Gas

Lapisan biopolimer membatasi difusi oksigen ke dalam jaringan ikan, sehingga laju oksidasi lipid dan respirasi mikroba dapat ditekan.

### b. Pengurangan Kehilangan Kelembapan

*Coating* berbasis polisakarida atau lipid mampu mengurangi evaporasi air, menjaga tekstur daging ikan tetap segar dan tidak cepat kering.

### c. Aktivitas Antimikroba dan Antioksidan

Penambahan ekstrak alami seperti minyak atsiri thyme, kayu manis, atau bawang putih dalam *edible coating* terbukti menghambat pertumbuhan bakteri patogen (misalnya

*Pseudomonas* spp. dan *Listeria monocytogenes*) sekaligus menunda oksidasi lemak ikan (Ojagh *et al.*, 2010).

#### d. Pembawa Senyawa Fungsional

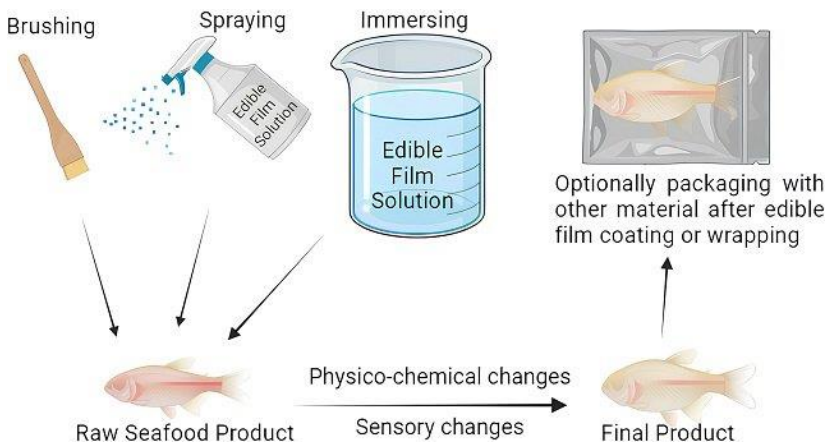
Selain fungsi pengawetan, *edible coating* dapat digunakan sebagai media untuk menambahkan senyawa nutraseutikal seperti probiotik atau vitamin, sehingga meningkatkan nilai gizi produk akhir.

### C. Aplikasi pada Berbagai Jenis Ikan

Berbagai penelitian telah menunjukkan efektivitas *edible coating* dalam memperpanjang masa simpan ikan segar:

- ✓ Kitosan: Ojagh *et al.* (2010) membuktikan bahwa ikan trout yang dilapisi kitosan dan minyak esensial oregano mampu bertahan lebih lama di suhu dingin, dengan kualitas sensoris lebih baik dibanding kontrol tanpa pelapis.
- ✓ Alginat: Penelitian Sáez *et al.* (2020) pada ikan salmon menunjukkan *edible coating* berbasis alginat dengan penambahan ekstrak teh hijau memperlambat pembentukan bau amis akibat oksidasi lipid.
- ✓ Pati singkong: Di Indonesia, penelitian lokal menunjukkan bahwa pelapis berbahan pati singkong efektif memperlambat kerusakan bakso ayam (Iswari *et al.*, 2019).

Hal ini membuktikan bahwa *edible coating* bukan hanya konsep laboratorium, tetapi sudah mulai diaplikasikan pada berbagai komoditas perikanan di tingkat riset dan industri.



**Gambar 14. Metode aplikasi edible film pada produk perikanan.**  
(Sumber: Gürdal & Çetinkaya, 2024)

#### D. Keunggulan dan Potensi Komersialisasi

Dibandingkan dengan metode konvensional (es, pendinginan, dan plastik), *edible coating* memiliki sejumlah keunggulan:

- ✓ Ramah lingkungan, karena menggunakan bahan biodegradable dan dapat menggantikan plastik sekali pakai.
- ✓ Meningkatkan keamanan pangan, terutama ketika diperkaya dengan senyawa antimikroba alami yang bebas dari residu kimia.
- ✓ Nilai tambah produk, karena inovasi ini dapat menjadi daya tarik di pasar modern dan premium yang mengutamakan keberlanjutan dan *clean label*.
- ✓ Fleksibilitas aplikasi, dapat digunakan baik pada ikan utuh, fillet, maupun produk olahan setengah jadi.

Namun, untuk mencapai komersialisasi yang luas, terdapat tantangan berupa biaya produksi, ketersediaan bahan baku lokal, serta penerimaan konsumen. Konsumen perlu diyakinkan bahwa

*edible coating* aman dikonsumsi, tidak mengubah rasa, dan memiliki manfaat nyata. Oleh karena itu, edukasi pasar menjadi bagian penting dalam pengembangan teknologi ini.

## E. Tantangan dan Prospek di Indonesia

Di Indonesia, pengembangan *edible coating* menghadapi beberapa tantangan spesifik, seperti:

- ✓ Standarisasi mutu bahan baku lokal, misalnya kitosan dari limbah cangkang udang atau pati singkong dari petani lokal, yang kualitasnya masih bervariasi.
- ✓ Keterbatasan infrastruktur industri kecil, sehingga penerapan teknologi pelapis masih terbatas pada skala laboratorium atau pilot project.
- ✓ Regulasi keamanan pangan, yang perlu menyesuaikan standar internasional (misalnya Codex Alimentarius) agar produk berlapis *edible coating* dapat diterima di pasar ekspor.

Meski demikian, prospeknya sangat menjanjikan. Dengan potensi bahan baku lokal yang melimpah, seperti kitosan dari limbah perikanan, pati singkong, atau alginat dari rumput laut, Indonesia memiliki peluang besar menjadi produsen utama *edible coating* berbasis sumber daya lokal. Selain itu, meningkatnya permintaan pasar global terhadap produk seafood yang berkelanjutan dan ramah lingkungan semakin memperkuat urgensi adopsi teknologi ini.

## 5.5 Kesimpulan

Teknologi pascapanen perikanan modern, mulai dari pendinginan konvensional hingga inovasi refrigerasi, *slurry ice*, dan *Superchilling*, terbukti mampu memperpanjang umur simpan ikan dengan mempertahankan kesegaran, menghambat pertumbuhan mikroba, serta menekan laju oksidasi lipid. Kombinasi metode pendinginan dengan teknologi canggih ini

memberikan alternatif yang lebih efektif dibanding penyimpanan es biasa, sekaligus menjawab tantangan kebutuhan rantai dingin yang lebih efisien, terutama dalam distribusi hasil perikanan skala industri maupun ekspor.

Di sisi lain, inovasi kemasan aktif dan *edible coating* hadir sebagai strategi tambahan yang memperkuat perlindungan produk. Jika pendinginan menekan perubahan fisik dan mikrobiologis melalui suhu, maka kemasan aktif dan *edible coating* bekerja langsung pada permukaan ikan dengan memberikan penghalang fisik, sekaligus membawa senyawa bioaktif alami yang berfungsi sebagai antioksidan maupun antimikroba. Sinergi teknologi pendinginan modern dengan kemasan inovatif ini diharapkan menjadi solusi berkelanjutan dalam menjaga mutu, memperpanjang umur simpan, serta meningkatkan daya saing produk perikanan Indonesia di pasar global.



## **BAB 6**

# **TEKNOLOGI PENANGANAN HASIL TANGKAPAN DI KAPAL**

### **6.1 Desain dan Material Kapal Modern**

#### **A. Peran Desain Kapal dalam Penanganan Hasil Tangkapan**

Kapal perikanan modern tidak lagi hanya dipandang sebagai sarana penangkap ikan, melainkan juga sebagai wahana pengolahan awal hasil tangkapan di tengah laut. Desain kapal berfungsi menjaga kualitas ikan sejak ditangkap hingga didaratkan. Oleh karena itu, aspek efisiensi energi, keamanan kerja, kapasitas palka, serta sanitasi material menjadi elemen utama dalam rekayasa kapal perikanan masa kini.

Dalam praktiknya, desain kapal modern mempertimbangkan keseimbangan antara kapasitas tangkapan, ruang penyimpanan dingin, dan konsumsi bahan bakar. Kapal yang dirancang dengan buruk sering kali mengakibatkan keterbatasan ruang, kesulitan dalam distribusi beban, hingga kondisi kerja yang tidak ergonomis bagi awak kapal. Kondisi ini pada akhirnya dapat mempercepat penurunan mutu ikan karena proses sortasi dan pendinginan tidak dapat dilakukan secara optimal.

#### **B. Material Konstruksi Kapal**

Pemilihan material kapal sangat berpengaruh terhadap mutu hasil tangkapan. Kapal tradisional Indonesia sebagian besar menggunakan kayu, yang meskipun relatif murah dan mudah diperoleh, memiliki kelemahan dari segi sanitasi. Kayu bersifat porus sehingga mudah menyerap air laut, darah ikan, maupun

lendir, yang menjadi media ideal bagi pertumbuhan mikroorganisme pembusuk (Huss, 1995).

Sebagai alternatif, penggunaan material *fiberglass reinforced plastic* (FRP) dan baja tahan karat (*stainless steel*) semakin berkembang pada kapal perikanan modern.

- ✓ FRP unggul karena ringan, tahan korosi, serta memiliki permukaan halus yang mudah dibersihkan. Selain itu, FRP relatif lebih ekonomis untuk kapal kecil hingga menengah.
- ✓ *Stainless steel* banyak diaplikasikan pada palka penyimpanan dan peralatan penanganan ikan karena sifatnya yang higienis, tahan lama, dan tidak bereaksi dengan bahan pangan (Rizwan *et al.*, 2024).

Perubahan material ini menjadi langkah penting dalam menekan risiko kontaminasi dan meningkatkan standar higienitas kapal perikanan, terutama untuk produk ekspor yang menuntut sertifikasi keamanan pangan.



**Gambar 15.** Kapal perikanan tradisional berbahan dasar kayu

(Sumber: <https://www.alamikan.com/2012/11/bagian-bagian-dari-ukuran-utama-kapal.html>)



**Gambar 16.** Kapal perikanan semi-modern berbahan dasar *fiberglass*  
(Sumber: PT. Wahana Astika Fiberglass)

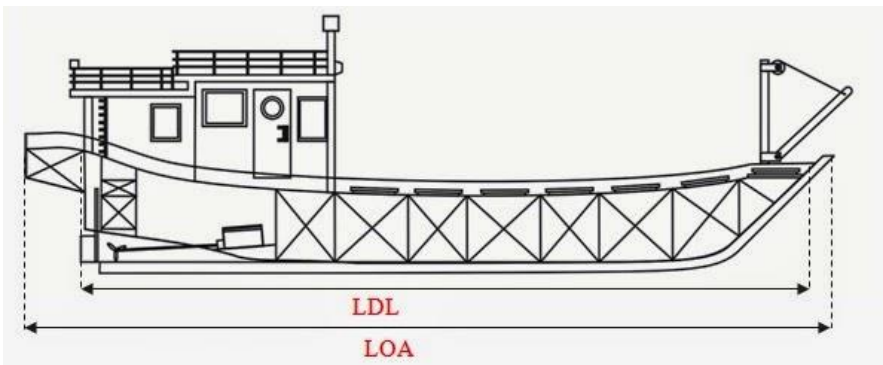
### C. Desain Palka dan Sistem Isolasi

Palka (*fish hold*) merupakan komponen vital dalam kapal perikanan. Pada kapal modern, palka dirancang dengan sistem isolasi termal berbahan poliuretan, polistirena, atau busa polietilena, yang mampu menahan konduksi panas dari luar sehingga suhu ikan tetap stabil lebih lama (Gabriel *et al.*, 2020).

Selain isolasi, tata letak palka juga memperhatikan:

- ✓ Kapasitas yang seimbang dengan daya tangkap kapal, agar ikan dapat segera masuk ke palka tanpa penumpukan di dek.
- ✓ Sistem drainase, yang memungkinkan cairan ikan, darah, atau air lelehan es dapat segera dikeluarkan, mencegah kontaminasi silang.
- ✓ Lapisan pelindung anti korosi dan non-toksik, agar aman digunakan sebagai ruang penyimpanan pangan.

Pada kapal industri, palka bahkan dilengkapi dengan sistem *Refrigerated Seawater* (RSW), yaitu pendinginan dengan air laut bersuhu 0–1 °C yang bersirkulasi. Teknologi ini terbukti menjaga kesegaran ikan lebih lama dibanding penyimpanan dengan es konvensional (Boyd *et al.*, 1978).



**Gambar 17.** Palka di kapal perikanan tradisional  
(Sumber: PPN Ternate & <https://www.alamikan.com/>)

## D. Ergonomi dan Keselamatan Kerja

Selain aspek teknis, desain kapal juga memperhatikan ergonomi dan keselamatan kerja awak kapal. Penanganan hasil tangkapan yang berulang dengan beban berat berisiko menimbulkan cedera jika desain ruang kerja sempit dan tidak mendukung alur kerja.

Prinsip ergonomi yang diterapkan meliputi:

- ✓ Penempatan meja sortasi pada ketinggian ideal.
- ✓ Jalur distribusi ikan dari dek ke palka yang efisien dan tidak menimbulkan kemacetan.
- ✓ Permukaan dek anti selip untuk mencegah kecelakaan kerja.
- ✓ Pencahayaan dan ventilasi memadai untuk kenyamanan awak kapal.

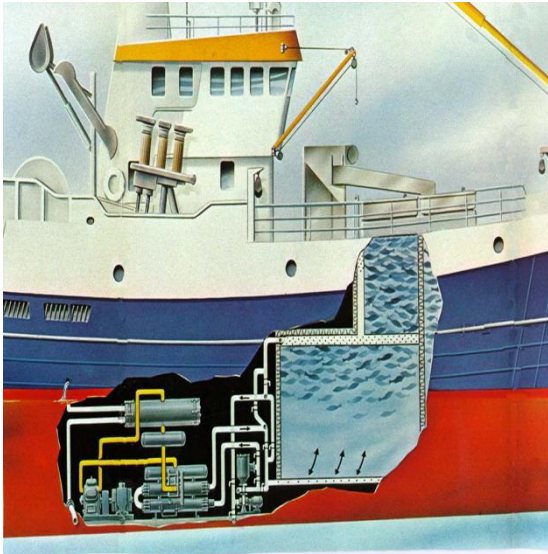
Dengan desain ergonomis, awak kapal dapat bekerja lebih produktif sekaligus mempertahankan mutu ikan karena proses sortasi, pembersihan, dan pendinginan berlangsung cepat.

## E. Studi Kasus: Modernisasi Kapal di Indonesia

Program modernisasi kapal perikanan di Indonesia masih menghadapi berbagai tantangan. Lebih dari 80% kapal perikanan Indonesia masih menggunakan konstruksi kayu dengan sistem palka sederhana berisi es balok. Hal ini berkontribusi pada tingginya angka kehilangan pascapanen (*post-harvest loss*) yang mencapai 25–30% dari total tangkapan.

Sebaliknya, di Norwegia dan Islandia, kapal perikanan telah dilengkapi dengan RSW dan sistem *Superchilling*, bahkan beberapa kapal memiliki fasilitas *plate freezer* di atas kapal. Hal ini menjadikan mutu produk "*frozen-at-sea*" mereka lebih unggul di pasar global (Gallart-Jornet *et al.*, 2007).

Indonesia perlu melakukan percepatan adopsi desain kapal modern berbahan higienis, palka berisolasi, serta sistem pendinginan efisien agar produk perikanannya dapat bersaing di pasar internasional.



**Gambar 18. Sistem RSW di kapal perikanan modern**

(Sumber: <https://www.teknotherm.no/product/rsw-system/>)

## 6.2 Sistem Penyimpanan Dingin di Kapal

### A. Pentingnya Sistem Pendinginan di Kapal

Sistem pendinginan merupakan komponen paling vital dalam menjaga mutu hasil tangkapan ikan. Segera setelah ikan ditangkap, proses fisiologis dan enzimatis dalam tubuhnya masih terus berlangsung. Jika tidak segera dikendalikan, reaksi ini akan mempercepat proses pembusukan yang ditandai dengan perubahan tekstur, bau, warna, dan rasa (Huss, 1995). Selain itu, ikan tergolong bahan pangan dengan kadar air tinggi dan pH netral yang menjadikannya medium ideal bagi pertumbuhan

mikroorganisme. Oleh karena itu, pendinginan berfungsi memperlambat laju aktivitas enzim, menghambat multiplikasi mikroba, serta memperpanjang umur simpan ikan sejak di laut hingga ke pelabuhan pendaratan.

Dalam praktik perikanan modern, sistem penyimpanan dingin bukan sekadar tambahan fasilitas, melainkan bagian integral dari desain kapal. Efisiensi penangkapan hanya dapat tercapai jika hasil tangkapan tetap dalam kondisi prima hingga diterima konsumen atau industri pengolahan. Negara-negara maju seperti Norwegia, Islandia, dan Jepang telah membuktikan bahwa integrasi sistem pendinginan modern di kapal secara langsung meningkatkan nilai tambah ikan di pasar ekspor.

## **B. Ice Chilling (Pendinginan dengan Es)**

Metode paling sederhana dan masih dominan digunakan di kapal nelayan Indonesia adalah pendinginan dengan es. Umumnya digunakan es balok yang dihancurkan atau es curah (*flake ice*). Pendinginan dengan es memiliki sejumlah keunggulan, yaitu:

- ✓ Biaya relatif murah dan mudah diperoleh di hampir semua pelabuhan.
- ✓ Aplikasi sederhana, tidak memerlukan keterampilan teknis tinggi.
- ✓ Kontak langsung dengan ikan memungkinkan pendinginan cepat, terutama bila proporsi es dan ikan seimbang (rasio 1:1).



**Gambar 19. Pendinginan ikan dengan es di box styrofoam**  
(Sumber: <https://informasiperikanan.blogspot.com/>)

Namun, metode ini juga memiliki keterbatasan. Pertama, fluktuasi suhu cukup besar, terutama bila es mencair lebih cepat daripada kemampuan penyimpanan. Kedua, kebutuhan ruang di kapal cukup tinggi, sehingga mengurangi kapasitas tangkapan. Ketiga, distribusi suhu tidak selalu merata, sehingga ikan di bagian atas palka sering lebih cepat rusak.

### ***C. Refrigerated Seawater (RSW)***

*Refrigerated Seawater* (RSW) merupakan sistem pendinginan yang lebih modern dengan memanfaatkan air laut yang didinginkan pada suhu 0–1 °C. Ikan dimasukkan ke dalam tangki berisi air laut dingin yang bersirkulasi sehingga pendinginan berlangsung cepat dan merata.

Keunggulan RSW adalah:

- ✓ Pendinginan lebih homogen karena seluruh permukaan ikan kontak dengan air laut.
- ✓ Kapasitas penyimpanan lebih efisien dibandingkan penggunaan es.
- ✓ Mengurangi tenaga kerja dalam proses penataan ikan karena ikan dapat langsung dituang ke tangki.

Meski demikian, RSW memerlukan investasi biaya yang lebih tinggi dan perawatan teknis yang terampil. Selain itu, penggunaan air laut harus diawasi kebersihannya agar tidak menjadi sumber kontaminasi mikroba.

#### **D. *Chilled Seawater (CSW)***

*Chilled seawater (CSW)* merupakan kombinasi antara pendinginan air laut dengan penambahan es curai. Sistem ini menghasilkan medium pendinginan lebih stabil, karena perpaduan antara sirkulasi air laut dingin dan pelelehan es yang menjaga suhu tetap rendah.

CSW dinilai lebih hemat energi dibanding RSW murni, karena sebagian pendinginan disuplai oleh pelelehan es. Selain itu, CSW menjaga kelembaban ikan lebih baik, sehingga meminimalkan kehilangan berat akibat dehidrasi. Teknologi ini banyak diterapkan pada kapal berukuran menengah hingga besar, terutama untuk komoditas bernilai tinggi seperti tuna dan salmon (Gokoglu & Yerlikaya, 2015).

#### **E. *Superchilling***

*Superchilling* adalah inovasi terbaru dalam penyimpanan dingin di kapal. Sistem ini menurunkan suhu ikan hingga sedikit di bawah titik beku (-1 hingga -2 °C) tanpa menyebabkan pembekuan total. Dengan demikian, sebagian air dalam jaringan ikan membentuk kristal es mikro, namun tekstur dan struktur daging masih terjaga.

*Superchilling* mampu memperpanjang umur simpan ikan hingga 1,5–2 kali lipat dibanding pendinginan konvensional. Metode ini sangat efektif untuk kapal industri yang beroperasi jauh dari pelabuhan dengan durasi perjalanan panjang.

Namun, *superchilling* membutuhkan peralatan berteknologi tinggi serta konsumsi energi lebih besar dibanding CSW atau

RSW. Selain itu, penerapan suhu yang terlalu rendah berisiko merusak tekstur ikan karena pembentukan kristal es berlebihan.

## **6.3 Kebersihan dan Sanitasi di Atas Kapal**

### **A. Pentingnya Sanitasi dalam Penanganan Hasil Tangkapan**

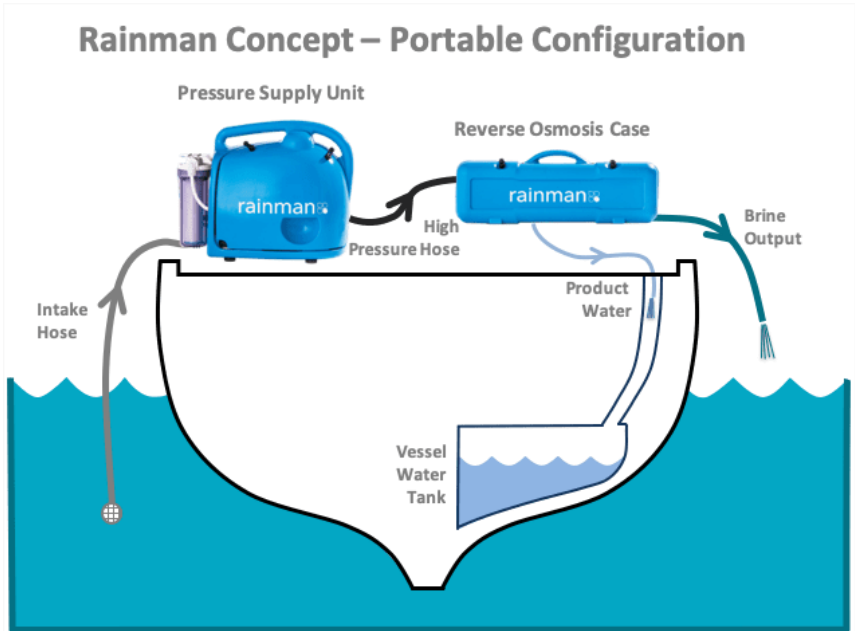
Sanitasi merupakan salah satu pilar utama dalam menjaga mutu hasil tangkapan ikan. Kapal perikanan bukan hanya berfungsi sebagai alat transportasi hasil tangkapan, tetapi juga menjadi ruang pertama di mana ikan mengalami proses penanganan pascapanen. Pada tahap inilah, risiko kontaminasi mikrobiologis, kimia, maupun fisik sangat besar terjadi. Kebersihan yang buruk di kapal dapat mengurangi umur simpan ikan hingga 30–40% meskipun sistem pendinginan telah diterapkan. Dengan demikian, penerapan sanitasi di kapal bukanlah pilihan tambahan, melainkan keharusan untuk menjamin kualitas dan keamanan pangan.

Kondisi di lapangan memperlihatkan bahwa kapal tradisional di Indonesia masih sering mengabaikan aspek kebersihan. Minimnya fasilitas air bersih, penggunaan material kayu yang porous sebagai wadah penyimpanan, serta kebiasaan awak kapal yang tidak memperhatikan higiene personal menjadi faktor utama penurunan mutu. Akibatnya, ikan sering kali sudah mengalami penurunan kualitas sebelum sampai ke pelabuhan, sehingga harga jualnya menurun.

### **B. Penyediaan Air Bersih**

Air bersih merupakan elemen vital dalam sanitasi kapal. Air ini digunakan untuk mencuci ikan, dek, serta peralatan penanganan. Air laut yang digunakan harus terbebas dari cemaran minyak, limbah industri, atau limbah domestik. Ganowiak (2020) menegaskan bahwa air laut yang dipompa langsung dari lingkungan harus disaring dan, bila memungkinkan, dilakukan

proses desinfeksi untuk mengurangi risiko kontaminasi mikroba patogen.



**Gambar 20. Desain konsep pressure supply unit (PSU) dan reverse osmosis unit (RO)**

(Sumber: <https://www.rainmandesal.com/portable-watermaker/>)

Selain air laut, idealnya kapal dilengkapi dengan tangki penampung air tawar bersih. Air tawar tersebut diperlukan untuk membersihkan peralatan atau melakukan pencucian akhir yang lebih higienis. Teknologi modern bahkan telah menerapkan sistem *reverse osmosis* di kapal besar untuk menghasilkan air tawar dari air laut secara mandiri, sehingga menjamin ketersediaan air bersih selama operasi penangkapan (Huss, 1995).

## C. Material dan Desain Fasilitas Kapal

Sanitasi tidak hanya terkait air bersih, tetapi juga menyangkut desain dan konstruksi fasilitas di kapal. Bahan yang kontak langsung dengan ikan, seperti meja sortasi, palka penyimpanan, dan wadah ikan, sebaiknya terbuat dari material yang tahan korosi dan mudah dibersihkan, misalnya *stainless steel* atau plastik food grade. Penggunaan kayu harus dihindari karena bersifat porous, mudah menyerap bau, sulit didesinfeksi, dan menjadi tempat pertumbuhan mikroba (Huss, 1995).

Selain itu, desain palka harus memungkinkan pembersihan secara menyeluruh. Palka dengan sudut tajam atau celah sempit sering kali menjadi tempat menumpuknya kotoran dan lendir ikan yang sulit dijangkau. Prinsip desain higienis menekankan permukaan halus, sudut melengkung (*rounded corners*), serta sistem drainase yang baik agar air limbah tidak tergenang.

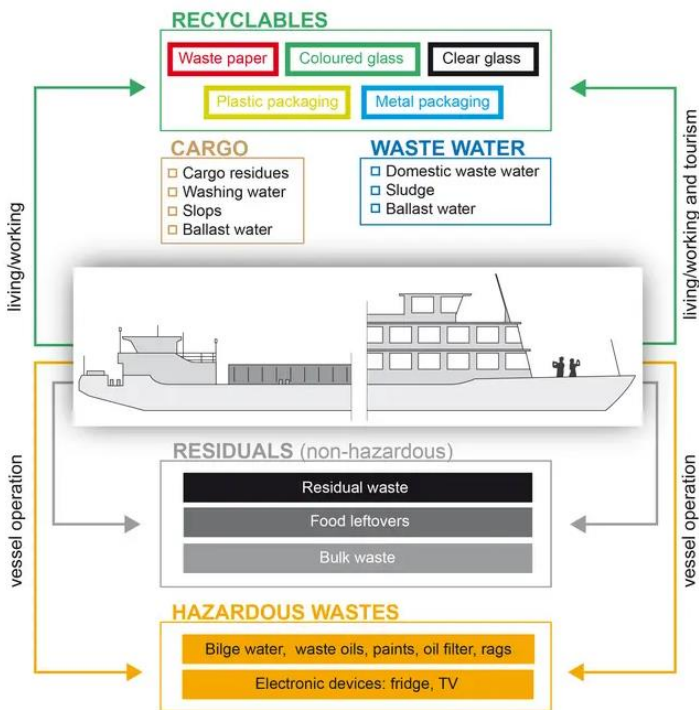
## D. Desinfeksi Rutin

Desinfeksi rutin merupakan langkah penting untuk mencegah pertumbuhan mikroorganisme patogen dan pembusuk di atas kapal. Proses ini dilakukan dengan menggunakan bahan kimia aman pangan, seperti larutan klorin dengan konsentrasi rendah (50–100 ppm). Kapal industri modern biasanya memiliki prosedur *Cleaning in Place* (CIP), yakni pembersihan dan desinfeksi dengan sistem semprot bertekanan tinggi pada ruang palka dan peralatan (Bagge-Ravn *et al.*, 2003).

Dalam konteks kapal tradisional, meski teknologi CIP mungkin sulit diterapkan, desinfeksi tetap bisa dilakukan dengan cara sederhana, misalnya menggunakan sprayer manual atau kain pel lap yang direndam larutan desinfektan. Yang terpenting adalah konsistensi pembersihan setelah setiap operasi penangkapan.

## E. Pengelolaan Limbah di Kapal

Sanitasi tidak bisa dipisahkan dari pengelolaan limbah. Limbah di kapal dapat berupa sisa darah, isi perut ikan, lendir, maupun sampah plastik dari aktivitas awak. Jika tidak dikelola dengan baik, limbah ini dapat menjadi sumber kontaminasi silang bagi hasil tangkapan. Praktik pembuangan limbah secara sembarangan di dek kapal juga meningkatkan risiko kecelakaan kerja.



**Gambar 21. Manajemen pengelolaan limbah**

(Sumber: <https://www.viadonau.org/en/environment/ship-waste-management>)

Kapal harus memiliki sistem pembuangan limbah terpisah dari area penanganan ikan. Pada kapal besar, tersedia saluran pembuangan langsung ke laut dengan filtrasi untuk mencegah

penyumbatan. Pada kapal kecil, perlu dibuat wadah tertutup khusus agar limbah tidak bercampur dengan ikan yang ditangani.

Sistem pengelolaan limbah di kapal yang mencakup berbagai kategori, mulai dari limbah yang dapat didaur ulang, limbah kargo, air limbah, limbah non-berbahaya (*residuals*), hingga limbah berbahaya (*hazardous waste*). Pada kapal perikanan, sistem ini sangat relevan karena aktivitas penangkapan dan penanganan ikan menghasilkan berbagai jenis limbah, seperti sisa makanan dan plastik dari aktivitas awak, air *ballast* yang digunakan untuk menjaga stabilitas kapal, hingga limbah berbahaya seperti oli bekas atau *bilge water* dari ruang mesin. Jika tidak dikelola dengan baik, limbah-limbah tersebut dapat mencemari hasil tangkapan maupun lingkungan laut, sehingga memengaruhi mutu ikan yang dihasilkan serta keberlanjutan sumber daya perikanan. Oleh karena itu, penerapan prinsip pengelolaan limbah kapal sesuai standar internasional, seperti MARPOL (Konvensi Internasional untuk Pencegahan Polusi dari Kapal), menjadi penting bagi kapal perikanan untuk menjamin mutu hasil tangkapan, menjaga kebersihan di atas kapal, serta melindungi ekosistem laut dari pencemaran.

## **F. Higiene Personal Awak Kapal**

Faktor manusia memegang peranan penting dalam sistem sanitasi. Awak kapal sering kali melakukan kontak langsung dengan ikan pada saat penangkapan, sortasi, maupun penyimpanan. Oleh karena itu, higiene personal harus menjadi perhatian. Awak kapal perlu menggunakan alat pelindung diri (APD) seperti hazmat, sarung tangan, celemek, dan sepatu bot yang mudah dibersihkan.

Selain itu, pelatihan higiene dasar, seperti mencuci tangan sebelum menangani ikan, tidak merokok di area penanganan, dan tidak meludah di dek, merupakan hal sederhana yang dapat memberikan dampak besar pada mutu hasil tangkapan (ICMSF, 2005). Kesadaran ini harus dibangun melalui sosialisasi

berkelanjutan serta pengawasan dari nakhoda kapal sebagai penanggung jawab operasional.



**Gambar 22.** Penggunaan hazmat oleh nelayan US  
(Sumber: <https://centerforsustainablefisheries.org/>)

## G. Konsekuensi Buruk Sanitasi yang Diabaikan

Kurangnya penerapan sanitasi di kapal memiliki dampak langsung terhadap mutu ikan dan keamanan pangan. Beberapa konsekuensi yang sering ditemui antara lain:

- ✓ Penurunan mutu organoleptik seperti bau amis menyengat, tekstur lembek, dan perubahan warna.
- ✓ Pertumbuhan bakteri patogen seperti *Salmonella*, *Listeria monocytogenes*, dan *Vibrio* spp. yang dapat membahayakan kesehatan konsumen.
- ✓ Kerugian ekonomi akibat harga jual ikan menurun atau bahkan ditolak pasar ekspor karena tidak memenuhi standar mutu.

Kasus penolakan ekspor produk perikanan Indonesia di pasar Uni Eropa pada beberapa tahun terakhir sebagian besar terkait dengan isu keamanan pangan, termasuk sanitasi dan higiene selama penanganan pascapanen.

## 6.4 Kesimpulan

Perkembangan teknologi dalam industri perkapalan telah memberikan kontribusi besar terhadap efisiensi, keamanan, serta keberlanjutan operasi perikanan. Penggunaan material modern seperti baja tahan karat, aluminium, maupun material komposit tidak hanya meningkatkan ketahanan kapal terhadap korosi dan tekanan laut, tetapi juga mendukung aspek higienitas dalam penanganan hasil tangkapan. Selain itu, desain palka penyimpanan yang dilengkapi dengan sistem pendingin canggih dan ruang yang terisolasi menjamin mutu ikan tetap terjaga sejak ditangkap hingga dibongkar. Hal ini membuktikan bahwa integrasi desain kapal dengan kebutuhan pasca tangkap merupakan faktor utama dalam menjaga rantai dingin (*cold chain*) serta nilai ekonomi produk perikanan.

Di sisi lain, aspek kebersihan dan sanitasi di atas kapal menjadi pilar penting dalam menjamin kualitas hasil perikanan sekaligus kesehatan awak kapal. Fasilitas sanitasi yang memadai, prosedur pembersihan ruang penyimpanan, hingga penerapan standar operasional kebersihan menjadi syarat mutlak yang harus dipenuhi agar produk yang dihasilkan aman untuk dikonsumsi. Implementasi sanitasi yang baik juga mendukung praktik perikanan yang berkelanjutan, karena mencegah kontaminasi silang, mengurangi risiko penyakit akibat produk laut, serta meningkatkan daya saing produk perikanan di pasar global. Dengan demikian, desain modern kapal perikanan yang dipadukan dengan manajemen kebersihan dan sanitasi yang ketat merupakan fondasi utama dalam menjamin mutu, keamanan, dan keberlanjutan industri perikanan.



## **BAB 7**

# **PENANGANAN IKAN SEGAR DI DARAT**

### **7.1 Penanganan di Tempat Pendaratan Ikan (TPI)**

Tempat Pendaratan Ikan (TPI) merupakan simpul pertama dalam rantai pasok perikanan di darat. Keberadaan TPI tidak hanya berfungsi sebagai lokasi bongkar muat hasil tangkapan, tetapi juga sebagai pusat pelelangan, distribusi, hingga pengendalian mutu ikan. Oleh karena itu, pengelolaan TPI harus memenuhi standar teknis dan higienis agar mutu ikan tetap terjaga sejak meninggalkan kapal perikanan hingga berpindah tangan ke pedagang, pengolah, maupun konsumen akhir. Mutu ikan segar sangat ditentukan pada tahap ini, sebab proses penurunan kualitas berjalan cepat apabila ikan tidak segera ditangani dengan baik. FAO (2020) mencatat bahwa 25–30% kerugian pascapanen ikan di negara berkembang terjadi pada titik pendaratan akibat sanitasi yang buruk, penundaan bongkar, dan ketiadaan rantai dingin.

Di Indonesia, TPI tersebar di berbagai wilayah pesisir, mulai dari skala kecil di perkampungan nelayan hingga pelabuhan perikanan besar yang terintegrasi dengan fasilitas industri. Namun, sebagian besar TPI menghadapi keterbatasan infrastruktur. Dermaga yang sempit, keterbatasan pasokan es, kondisi air bersih yang tidak terjamin, serta drainase yang tidak memadai menjadi persoalan klasik. Akibatnya, ikan yang baru ditangkap seringkali terpapar suhu lingkungan tinggi (27–32 °C) dalam waktu lama sehingga kesegarannya cepat menurun. Banyak TPI di Indonesia belum dilengkapi fasilitas rantai dingin yang memadai, sehingga kualitas ikan yang dilelang hanya bertahan beberapa jam setelah pendaratan.

Untuk mencegah kerusakan mutu, penanganan ikan di TPI harus mengikuti prinsip *Good Handling Practices* (GHP) dan *Hazard Analysis Critical Control Point* (HACCP). Prinsip GHP menekankan pada kebersihan tempat, peralatan, dan pekerja, sedangkan HACCP memastikan adanya pengendalian titik kritis yang berpotensi menyebabkan kontaminasi. Langkah-langkah teknis yang perlu diterapkan di TPI antara lain:

- ✓ Pembersihan dermaga dan area pelelangan secara rutin, sebelum dan sesudah kegiatan bongkar, untuk menghindari penumpukan lendir ikan, darah, dan limbah organik yang dapat menjadi media pertumbuhan mikroba.
- ✓ Penggunaan palka berinsulasi pada kapal untuk memastikan suhu ikan tetap rendah hingga proses pemindahan ke TPI. Idealnya, suhu daging ikan harus dijaga mendekati 0 – 4 °C sejak ditangkap.
- ✓ Pencucian ikan dengan air laut bersih atau es serut higienis segera setelah dibongkar, sehingga kotoran, darah, dan lendir dapat dihilangkan. Air laut yang digunakan sebaiknya berasal dari sumber yang telah disaring atau diproses untuk menjamin kualitasnya.
- ✓ Sistem drainase yang baik untuk menghindari genangan air pada lantai TPI. Genangan air tidak hanya mengurangi higienitas, tetapi juga menjadi sarang bakteri patogen yang berbahaya bagi mutu ikan.
- ✓ Penggunaan wadah *food grade* (seperti boks plastik berinsulasi) dalam menampung ikan. Wadah kayu atau karung yang masih banyak digunakan di TPI tradisional dapat merusak tekstur ikan dan menurunkan nilai higienisnya.

Selain aspek fisik, pengelolaan TPI juga terkait dengan manajemen data dan transparansi perdagangan. Pada era modern, mulai muncul model manajemen TPI berbasis digital.

Sistem ini memungkinkan pencatatan data bongkar muat, jumlah dan jenis ikan, harga lelang, hingga pelacakan mutu produk melalui platform digital. Dengan sistem digital, nelayan dapat memperoleh transparansi harga sehingga mengurangi praktik perantara yang merugikan, sementara pembeli dan pengolah ikan mendapat jaminan mutu serta kepastian pasokan. Inovasi ini sejalan dengan konsep *traceability* dalam rantai pasok pangan global yang kini menjadi tuntutan pasar ekspor (Cil *et al.*, 2022).

Lebih jauh, keterkaitan antara TPI dan kapal perikanan sangat erat. Kapal dengan fasilitas palka berinsulasi atau berpendingin akan menghasilkan ikan dengan mutu lebih baik ketika didaratkan. Jika kapal hanya mengandalkan penyimpanan terbuka atau pendinginan seadanya, maka TPI harus menanggung beban lebih berat dalam menjaga kualitas. Oleh sebab itu, integrasi standar penanganan antara kapal dan TPI menjadi kunci untuk meminimalkan kerugian pascapanen.



**Gambar 23. Tempat Pelelangan Ikan Muara Angke, Jakarta Utara**  
(Sumber: <https://visual.republika.co.id/>)

Dalam praktik terbaik, TPI seharusnya tidak hanya menjadi tempat bongkar muat, tetapi juga sentra layanan pascapanen terpadu, mencakup penyediaan es, air bersih, fasilitas sanitasi,

gudang pendingin, serta area sortasi dan grading. Keberadaan *Cold Storage* mini di dekat TPI memungkinkan ikan yang tidak langsung terjual tetap terjaga mutunya. Lebih lanjut, TPI juga dapat berperan sebagai pusat pelatihan nelayan dalam penerapan GHP dan HACCP, sehingga kesadaran terhadap mutu dapat meningkat sejak di atas kapal hingga ke pasar.

Secara keseluruhan, penanganan ikan di TPI merupakan titik paling krusial dalam menjaga mutu hasil tangkapan. Dengan kombinasi infrastruktur yang memadai, penerapan prinsip higienitas, serta dukungan digitalisasi, TPI dapat menjadi simpul strategis dalam sistem rantai pasok perikanan nasional. Jika dikelola dengan baik, TPI tidak hanya menjaga mutu ikan dan menekan kerugian pascapanen, tetapi juga meningkatkan daya saing produk perikanan Indonesia di pasar domestik maupun global.

## 7.2 Penanganan Ikan Segar Selama Penjualan

Tahap penjualan merupakan salah satu titik paling krusial dalam rantai pasok ikan segar. Setelah melewati proses pendaratan, sortasi, dan distribusi awal, ikan segar kemudian memasuki fase penawaran langsung kepada konsumen, baik melalui pasar tradisional maupun modern. Pada tahap ini, mutu ikan sangat dipengaruhi oleh kondisi penyimpanan, fasilitas penjualan, serta perilaku penjual. Jika penanganan tidak tepat, ikan dapat mengalami kerusakan sensoris (warna, bau, tekstur) dan mikrobiologis dalam waktu singkat, yang berujung pada penurunan nilai ekonomi maupun risiko kesehatan bagi konsumen.

Di pasar tradisional, ikan biasanya dijual di meja terbuka dengan pendinginan yang minimal, umumnya hanya menggunakan es balok atau bahkan tanpa pendinginan sama sekali. Kondisi ini menyebabkan ikan terpapar suhu lingkungan yang relatif tinggi, terutama di iklim tropis seperti Indonesia yang rata-rata mencapai 27–32 °C. Paparan suhu tinggi mempercepat

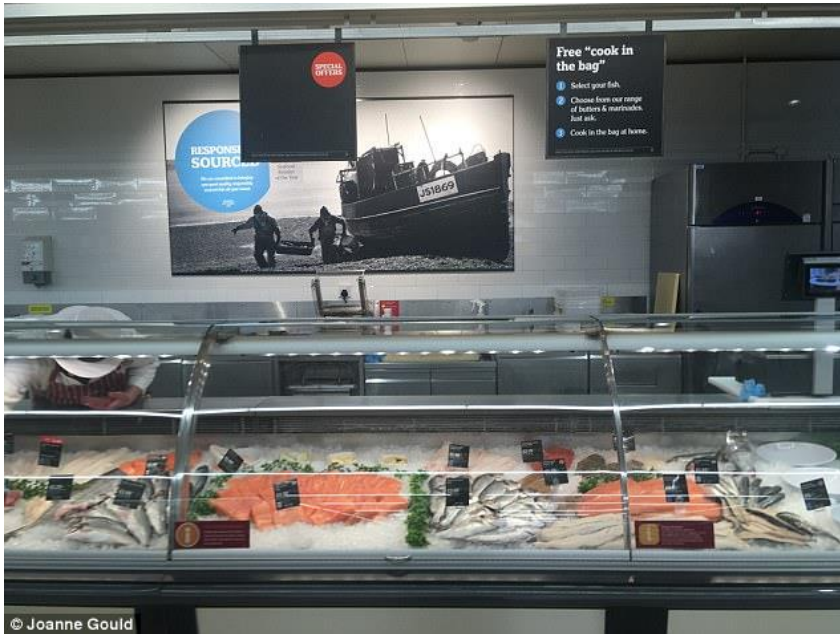
proses autolisis enzimatis, oksidasi lemak, dan pertumbuhan mikroba pembusuk, sehingga mutu ikan turun dengan cepat. Huss (1995) menyebutkan bahwa pada suhu ruang, ikan dapat mengalami kerusakan kualitas dalam hitungan jam, sedangkan penyimpanan pada suhu 0 – 4 °C dapat memperpanjang masa simpan hingga beberapa hari. Fakta ini menunjukkan pentingnya fasilitas pendingin yang memadai pada titik penjualan.



**Gambar 24. Pedagang ikan di Pasar Malabar, Tangerang**  
(Sumber: <https://www.tangerangkota.go.id/>)

Sebaliknya, di pasar modern seperti supermarket dan hypermarket, sistem penanganan ikan segar telah beradaptasi dengan standar rantai dingin. Ikan biasanya ditempatkan pada *display counter* berpendingin yang dilengkapi dengan lapisan es hancur atau pendingin mekanis. Terdapat dua model utama yang digunakan, yaitu sistem terbuka (*open display*) yang memudahkan konsumen memilih produk, serta sistem tertutup (*closed display cabinet*) yang lebih higienis dan hemat energi.

Penggunaan *display cabinet* tertutup dapat menekan kenaikan suhu lebih efektif dibandingkan sistem terbuka, sekaligus mengurangi kontaminasi dari lingkungan sekitar.



**Gambar 25.** Penggunaan *closed display cabinet*  
(Sumber: <https://www.dailymail.co.uk/>)

Dalam praktik penjualan ikan segar, beberapa prinsip dasar yang harus diterapkan meliputi:

a. Pengendalian Suhu

Ikan harus selalu dijaga pada suhu mendekati 0 °C, baik dengan menutupinya menggunakan es serut, es slurry, atau menempatkannya pada rak pendingin. Suhu merupakan faktor paling penting dalam memperlambat pertumbuhan mikroorganisme dan mempertahankan mutu sensoris ikan.

b. Penerapan FIFO (*First In, First Out*)

Sistem FIFO memastikan bahwa ikan yang masuk lebih awal harus dijual terlebih dahulu, sehingga mencegah ikan lama tertumpuk di bagian bawah dan mengalami kerusakan. Penerapan sistem ini terbukti efektif mengurangi kerugian ekonomi akibat ikan yang tidak laku.

c. Higienitas Penjual dan Peralatan

Penjual ikan harus menjaga kebersihan diri, menggunakan sarung tangan, celemek, dan mencuci tangan secara rutin. Meja display serta peralatan seperti pisau dan wadah harus dibersihkan secara berkala dengan air bersih atau desinfektan *food grade* untuk mencegah kontaminasi silang (ICMSF, 2006).

d. Pengelolaan Produk Tidak Laku

Ikan yang tidak terjual dalam periode tertentu tidak boleh dicampur kembali dengan ikan segar baru. Produk ini harus dipisahkan untuk diolah lebih lanjut (misalnya menjadi ikan beku, ikan asin, atau produk olahan lain) agar tidak mencemari ikan segar yang baru dipajang.

e. Penggunaan Kemasan Inovatif

Perkembangan teknologi kini memungkinkan penggunaan *Modified Atmosphere Packaging* (MAP) atau *edible coating* untuk memperpanjang kesegaran ikan segar. MAP bekerja dengan mengubah komposisi gas di dalam kemasan (misalnya menurunkan kadar  $O_2$  dan meningkatkan  $CO_2$ ) sehingga menghambat pertumbuhan mikroba. *Edible coating* berbasis kitosan atau alginat juga mulai diterapkan karena mampu mengurangi oksidasi lemak sekaligus ramah lingkungan (Yu *et al.*, 2019).

Selain itu, tren terbaru menunjukkan pergeseran pola konsumsi masyarakat menuju sistem belanja daring (*e-commerce*). Model

digital *Marketplace* perikanan berkembang pesat, memungkinkan konsumen memesan ikan segar langsung dari nelayan atau pusat distribusi. Dalam skema ini, ikan biasanya diproses di unit pengemasan higienis, diberi perlakuan tambahan seperti *edible coating* atau dikemas dengan MAP, kemudian dikirim menggunakan transportasi berpendingin. Sistem ini tidak hanya memperpendek rantai distribusi, tetapi juga meningkatkan transparansi harga dan mutu. Digitalisasi rantai pasok ikan juga mampu menurunkan kerugian pascapanen serta meningkatkan kepercayaan konsumen terhadap mutu produk.

Dari sisi keberlanjutan, penanganan ikan segar selama penjualan juga berkaitan dengan keamanan pangan. Mutu ikan tidak hanya dilihat dari kesegarannya, tetapi juga dari aspek keamanan mikrobiologis dan kimiawi. Beberapa patogen seperti *Listeria monocytogenes* dan *Vibrio* spp. dapat berkembang pada ikan segar bila penanganan higienitas tidak memadai (Gram & Dalgaard, 2002). Oleh karena itu, penerapan standar HACCP (*Hazard Analysis and Critical Control Point*) pada unit penjualan ikan, baik tradisional maupun modern, menjadi keharusan untuk menjamin produk yang sampai ke tangan konsumen aman dikonsumsi.

Dengan demikian, dapat ditegaskan bahwa penanganan ikan segar selama penjualan merupakan titik kritis yang membutuhkan kombinasi teknologi pendinginan, praktik higienis, sistem manajemen persediaan yang baik, serta inovasi dalam pemasaran digital. Apabila tahap ini tidak dikelola dengan baik, seluruh upaya menjaga mutu sejak di kapal hingga TPI akan menjadi sia-sia. Sebaliknya, penanganan yang tepat pada titik penjualan akan memperpanjang umur simpan, meningkatkan nilai tambah, serta memperkuat daya saing produk perikanan di pasar domestik maupun global.

### 7.3 Penanganan Ikan Segar Selama Pengolahan

Pengolahan ikan segar merupakan tahap krusial dalam rantai pasok perikanan modern, karena menentukan tidak hanya umur simpan produk, tetapi juga nilai tambah, keamanan, dan daya saing di pasar domestik maupun internasional. Menurut laporan FAO (2022), sekitar 38% hasil tangkapan ikan di dunia diproses menjadi produk olahan, baik dalam bentuk fillet, surimi, ikan beku, maupun produk bernilai tinggi lainnya. Oleh sebab itu, pengolahan ikan tidak hanya dipandang sebagai upaya menjaga mutu, melainkan juga sebagai strategi industrialisasi perikanan.



**Gambar 26. Penggunaan APD dan higienitas di industri seafood**  
(Sumber: <https://www.seafoodsource.com/>)

#### A. Sortasi dan Grading

Sortasi dan grading merupakan tahap awal dalam pengolahan ikan segar. Proses ini dilakukan untuk memisahkan ikan berdasarkan ukuran, jenis, dan tingkat kesegaran. Menurut Huss (1995), kegiatan sortasi yang dilakukan di ruang berpendingin penting untuk mencegah kenaikan suhu yang dapat

mempercepat kerusakan. Hasil sortasi menentukan arah pemanfaatan: ikan berkualitas prima biasanya diprioritaskan untuk ekspor atau produk premium seperti fillet segar, sedangkan ikan dengan mutu sedang dialokasikan untuk pengolahan lebih lanjut, misalnya surimi atau ikan kaleng. Dengan demikian, sortasi bukan sekadar pemilahan, tetapi juga strategi manajemen bahan baku agar sesuai dengan kebutuhan pasar.

## **B. Pencucian dan Penyiangan**

Tahap berikutnya adalah pencucian untuk mengurangi kontaminasi mikroba dan menghilangkan kotoran, darah, serta lendir. Air yang digunakan harus memenuhi standar kualitas, baik berupa air tawar maupun air laut yang telah diolah. Setelah pencucian, dilakukan penyiangan untuk membuang bagian yang tidak diinginkan, seperti isi perut dan insang. Menurut ICMSF (2006), kebersihan peralatan sangat berperan penting dalam tahap ini. Meja dan pisau sebaiknya terbuat dari stainless steel karena lebih mudah dibersihkan dan tidak mudah berkarat. Jika tahapan ini tidak higienis, risiko kontaminasi silang terhadap daging ikan akan meningkat secara signifikan.

## **C. Pengolahan Primer**

Pada tahap pengolahan primer, ikan diproses menjadi berbagai bentuk seperti fillet, steak, loin, atau surimi. Kondisi ruangan harus dijaga pada suhu rendah, tidak lebih dari 12 °C sesuai standar HACCP (Leonard, 2011). Industri skala besar biasanya dilengkapi dengan sistem ventilasi dan pendingin ruangan, sementara pekerja diwajibkan mengenakan perlindungan diri untuk meminimalkan kontaminasi. Pengolahan primer ini berfungsi meningkatkan nilai tambah ikan sekaligus menyiapkannya ke bentuk yang lebih praktis bagi konsumen.

## D. Pendinginan dan Pembekuan Cepat

Setelah pengolahan primer, langkah selanjutnya adalah pendinginan atau pembekuan untuk memperpanjang umur simpan. Teknologi *blast freezer* dengan suhu  $-35^{\circ}\text{C}$  hingga  $-40^{\circ}\text{C}$  dapat membekukan ikan secara cepat, sehingga terbentuk kristal es mikro yang tidak merusak struktur jaringan. Alternatif lain adalah *superchilling*, yang menurunkan suhu ikan sedikit di bawah titik beku sehingga memperlambat pertumbuhan mikroba. Penelitian Eliasson *et al.* (2019) menunjukkan pembekuan cepat mampu mempertahankan kualitas sensori ikan hingga enam bulan, sedangkan *superchilling* efektif menjaga kesegaran hingga dua minggu.

## E. Pengemasan

Tahap pengemasan berfungsi melindungi ikan dari kontaminasi, oksidasi, serta kehilangan kelembaban. Bahan kemasan harus memenuhi standar food grade, tahan kelembaban, dan memiliki permeabilitas rendah terhadap gas maupun cahaya. Inovasi terbaru adalah *Modified Atmosphere Packaging* (MAP), yang mengatur komposisi gas di dalam kemasan. Kombinasi rendah  $\text{O}_2$  dan tinggi  $\text{CO}_2$  atau  $\text{N}_2$  efektif menghambat pertumbuhan bakteri pembusuk (Yu *et al.*, 2019). Selain itu, penggunaan *edible coating* berbahan kitosan atau alginat mulai populer karena ramah lingkungan dan dapat memperpanjang umur simpan.

## F. Keamanan Pangan

Keamanan pangan merupakan aspek fundamental dalam seluruh tahapan pengolahan. Patogen seperti *Listeria monocytogenes*, *Vibrio parahaemolyticus*, dan *Salmonella* dapat mencemari ikan jika prosedur sanitasi diabaikan (Gram & Dalgaard, 2002). Untuk itu, penerapan *Good Manufacturing Practices* (GMP) dan *Hazard Analysis and Critical Control Point* (HACCP) menjadi kewajiban. Sistem HACCP menekankan pengawasan titik kendali kritis (*critical control point*) untuk mencegah terjadinya kontaminasi.

## G. Aspek Keberlanjutan dan Efisiensi Energi

Selain fokus pada mutu, pengolahan ikan segar modern harus mempertimbangkan keberlanjutan. Teknologi hemat energi pada freezer, pemanfaatan limbah menjadi produk sampingan bernilai ekonomi (seperti tepung ikan, minyak ikan, atau kitosan), serta penerapan *clean production* semakin mendapat perhatian. Menurut Béné *et al.* (2015), strategi ini tidak hanya meningkatkan profitabilitas industri, tetapi juga mendukung keberlanjutan perikanan global dan ketersediaan pangan di masa depan.

### 7.4 *Smart Cold Storage* dan Pusat Distribusi Ikan

#### A. Peran *Cold Storage* dalam Rantai Dingin Perikanan

*Cold Storage* merupakan simpul penting dalam menjaga keberlanjutan mutu hasil perikanan. Ia berfungsi sebagai *buffer stock* antara puncak musim tangkap dengan fluktuasi permintaan pasar. Tanpa fasilitas penyimpanan dingin yang memadai, nelayan maupun pelaku usaha perikanan berisiko besar mengalami kerugian akibat produk yang tidak segera terserap pasar atau mengalami penurunan mutu. Sayangnya, *Cold Storage* konvensional kerap menghadapi berbagai keterbatasan, seperti tingginya konsumsi energi listrik, kapasitas terbatas, hingga lokasi yang kurang strategis dan jauh dari sentra produksi perikanan. Kondisi ini berdampak pada tingginya biaya logistik dan rendahnya daya saing produk perikanan di pasar domestik maupun ekspor.

#### B. Konsep *Smart Cold Storage*

Sebagai solusi, konsep *Smart Cold Storage* mulai diperkenalkan. Teknologi ini mengintegrasikan *Internet of Things* (IoT), monitoring suhu real-time, dan sumber energi terbarukan. IoT memungkinkan pemasangan sensor suhu, kelembaban, dan

kualitas udara di dalam gudang yang terhubung dengan sistem berbasis *cloud*. Jika terjadi deviasi suhu, sistem peringatan otomatis akan memberi notifikasi melalui aplikasi ponsel atau dashboard digital, sehingga pengelola dapat segera mengambil tindakan korektif.

Selain itu, penggunaan energi terbarukan, seperti panel surya, mampu menekan biaya listrik yang biasanya mencapai lebih dari 40% total biaya operasional *Cold Storage* (Setiawan *et al.*, 2021). Teknologi ini bukan hanya meningkatkan efisiensi, tetapi juga mendukung keberlanjutan lingkungan melalui pengurangan emisi karbon.

### C. Fitur Utama *Smart Cold Storage*

Beberapa fitur utama *Smart Cold Storage* yang kini banyak dikembangkan di Indonesia maupun negara lain antara lain:

- ✓ Sensor IoT → memantau suhu, kelembaban, dan sirkulasi udara secara kontinu.
- ✓ Sistem peringatan otomatis → notifikasi digital jika suhu di luar standar yang ditetapkan (misalnya -18 °C untuk ikan beku).
- ✓ Manajemen inventori digital → penggunaan barcode atau RFID untuk melacak batch produk masuk dan keluar, sehingga mengurangi risiko kesalahan distribusi.
- ✓ Integrasi dengan *Marketplace* digital → memungkinkan data stok di *Cold Storage* langsung terhubung dengan platform *e-commerce*, restoran, maupun supermarket.

Kombinasi fitur ini menjadikan *smart cold storage* tidak hanya sebagai tempat penyimpanan, tetapi juga pusat manajemen data perikanan yang mendukung *traceability* produk dari nelayan hingga konsumen akhir.

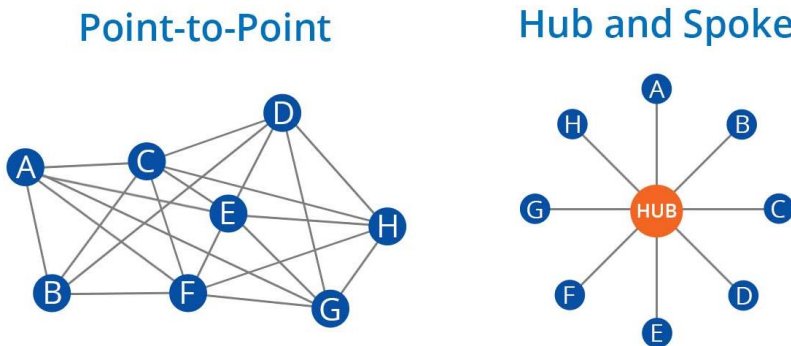
#### D. Model *Hub-and-Spoke Cold Chain*

Untuk meningkatkan akses UMKM perikanan terhadap rantai dingin, model *Hub-and-Spoke Cold Chain* mulai diterapkan. Dalam sistem ini, terdapat *Cold Storage* besar (*hub*) yang ditempatkan di dekat pelabuhan utama atau Tempat Pendaratan Ikan (TPI). Dari hub tersebut, distribusi dilakukan ke *cold room* kecil (*spoke*) yang ditempatkan lebih dekat ke pasar lokal atau daerah konsumen.

Model ini terbukti efisien karena (Esmizadeh *et al.*, 2021):

- ✓ Menurunkan biaya distribusi bagi nelayan kecil.
- ✓ Memperluas jangkauan pasar hingga daerah terpencil.
- ✓ Meminimalkan waktu tempuh transportasi berpendingin, sehingga mutu ikan tetap terjaga.

Dengan pendekatan ini, nelayan dan UMKM memiliki peluang lebih besar untuk menyalurkan produk mereka ke rantai distribusi modern, sekaligus meningkatkan inklusi ekonomi dalam sektor perikanan.



**Gambar 27.** *Point-to-Point vs Hub and Spoke Distribution Models*  
(Sumber: <https://www.thebrimichgroup.com/>)

## E. Pusat Distribusi Ikan Modern

Selain *cold storage*, pusat distribusi ikan modern berperan penting dalam menjamin kelancaran pasok. Fasilitas ini dilengkapi dengan area bongkar muat higienis, sistem penyimpanan dingin berkapasitas besar, serta logistik berpendingin seperti truk reefer, motor box berinsulasi, hingga kerjasama dengan perusahaan logistik berbasis rantai dingin.

Pusat distribusi modern juga mengadopsi konsep *smart logistics*, yakni integrasi antara sistem digital, sensor lokasi (GPS), serta manajemen rantai pasok berbasis data. Dengan teknologi ini, konsumen dapat mengetahui asal-usul ikan, lokasi penyimpanan terakhir, serta perkiraan waktu kedatangan produk (*Just in Time Delivery*). Transparansi semacam ini sangat penting untuk memenuhi standar ekspor yang ketat di pasar global, terutama Eropa, Amerika, dan Jepang (OECD/FAO, 2021).

## F. Tantangan dan Arah Pengembangan

Meski menawarkan berbagai keunggulan, implementasi *Smart Cold Storage* di Indonesia masih menghadapi sejumlah tantangan, seperti:

- ✓ Biaya investasi awal tinggi, terutama untuk sistem IoT dan panel surya.
- ✓ Keterbatasan SDM terlatih dalam mengoperasikan sistem digital.
- ✓ Ketidakstabilan pasokan listrik di daerah pesisir yang mengandalkan diesel generator.

Untuk itu, arah pengembangan ke depan mencakup program subsidi investasi, pelatihan SDM, serta insentif bagi pelaku usaha yang menerapkan teknologi ramah lingkungan. Selain itu, kolaborasi antara pemerintah, swasta, dan koperasi nelayan

diperlukan agar manfaat teknologi ini dapat dirasakan hingga ke level nelayan kecil.

## Kesimpulan BAB 7

Keseluruhan tahapan penanganan ikan pascatangkap, mulai dari TPI, penjualan, pengolahan, hingga penyimpanan dalam *Smart Cold Storage*, menunjukkan bahwa kualitas produk sangat ditentukan oleh konsistensi penerapan rantai dingin dan prinsip sanitasi. TPI berfungsi sebagai gerbang pertama yang menentukan mutu produk dengan menyediakan fasilitas higienis dan proses bongkar muat yang cepat. Selanjutnya, selama penjualan dan pengolahan, pemeliharaan suhu rendah dan perlakuan higienis menjadi kunci agar ikan tetap segar, layak konsumsi, serta memiliki nilai tambah ketika diolah menjadi produk siap pasar. Dengan demikian, setiap mata rantai harus berjalan sinkron, karena kelemahan di satu titik dapat berdampak langsung terhadap keseluruhan kualitas produk.

Lebih jauh, hadirnya inovasi seperti *Smart Cold Storage* dan pusat distribusi ikan modern memperkuat daya saing sektor perikanan nasional. Integrasi teknologi digital, IoT, serta sistem logistik berpendingin memungkinkan tercapainya efisiensi, transparansi, dan *traceability* produk dari nelayan hingga konsumen akhir. *Smart Cold Storage* tidak hanya berfungsi menyimpan, tetapi juga sebagai pusat manajemen data dan distribusi yang berorientasi pasar. Dengan dukungan kebijakan, kolaborasi multipihak, dan adopsi teknologi ramah lingkungan, rantai pasok perikanan Indonesia dapat ditingkatkan menuju sistem yang lebih berkelanjutan, kompetitif, dan mampu memenuhi standar global.

## **BAB 8**

# **TEKNOLOGI PENANGANAN IKAN HIDUP**

### **8.1 Penanganan Pascapanen**

Penanganan pascapanen merupakan tahapan awal yang sangat menentukan mutu akhir ikan hidup maupun produk olahannya. Proses ini dimulai segera setelah ikan ditangkap dan terus berlangsung hingga ikan dipindahkan ke wadah penyimpanan atau transportasi. Pada fase ini, kesalahan teknis sedikit saja dapat berakibat pada penurunan kualitas, peningkatan mortalitas, atau kerugian ekonomi yang signifikan. Oleh sebab itu, pemahaman mengenai prinsip-prinsip dasar penanganan pascapanen menjadi mutlak bagi nelayan, pembudidaya, hingga pelaku rantai distribusi perikanan.

#### **A. Faktor Stres dan Fisiologi Ikan**

Ikan adalah organisme yang sangat peka terhadap perubahan lingkungan. Penangkapan dan pemindahan menimbulkan stres fisiologis akibat fluktuasi oksigen, suhu, pH, dan perlakuan mekanis. Stres memicu pelepasan hormon kortisol yang mengganggu metabolisme energi dan menurunkan sistem imun (Shahbaz Akhtar *et al.*, 2010). Akibatnya, ikan menjadi lebih rentan terhadap penyakit, cepat kehabisan energi, dan mengalami mortalitas dini.

Selain itu, ikan yang mengalami stres juga cenderung mengalami penurunan kualitas organoleptik seperti warna tubuh kusam, lendir berlebih, serta daging yang lebih cepat membusuk setelah

mati (Boyd & McNevin, 2014). Oleh karena itu, sejak awal pascapanen diperlukan perlakuan yang meminimalkan stres dan menjaga kondisi fisiologis ikan.

## **B. Tahapan Penanganan Pascapanen**

Beberapa tahapan utama dalam penanganan pascapanen ikan hidup meliputi:

### **a. Pemulihan (*Recovery*) Ikan**

Setelah ditangkap, ikan perlu dipulihkan dalam wadah berisi air bersih dengan kadar oksigen terlarut tinggi ( $DO > 6 \text{ mg/L}$ ) serta suhu sesuai kebutuhan spesies. Proses ini bertujuan untuk menstabilkan metabolisme dan mengurangi stres akibat aktivitas penangkapan. Pada tahap ini, aerasi atau suplai oksigen murni sering ditambahkan agar kondisi perairan optimal.

### **b. Grading dan Sortasi**

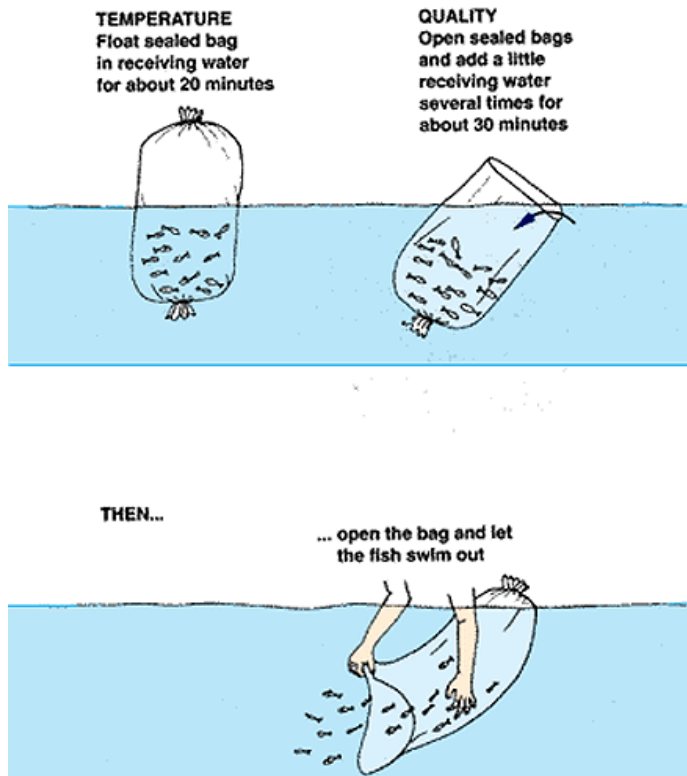
Ikan dipisahkan berdasarkan ukuran, kondisi kesehatan, dan kelengkapan fisik. Ikan dengan luka, sirip patah, atau tampilan tidak normal dipisahkan untuk mengurangi risiko penyebaran penyakit. Sortasi juga penting untuk mencegah kanibalisme atau perbedaan kompetisi oksigen selama proses transportasi.

### **c. Aklimatisasi Lingkungan**

Sebelum masuk ke sistem transportasi, ikan harus beradaptasi dengan kondisi air yang akan digunakan selama perjalanan. Misalnya, penyesuaian terhadap suhu, salinitas, atau kepadatan tebar. Aklimatisasi dilakukan bertahap untuk menghindari shock osmotik yang dapat memicu kematian massal (Berka, 1986).

d. Pemeriksaan Kesehatan Ikan

Hanya ikan dengan kondisi fisik sehat dan respons gerak aktif yang layak diangkut. Ikan yang sakit atau terinfeksi parasit sebaiknya dipisahkan. Pada praktik budidaya modern, sering dilakukan perlakuan profilaksis dengan larutan garam atau desinfektan alami untuk mencegah penyebaran penyakit.



**Gambar 28. Proses aklimatisasi ikan**  
(Sumber: <https://www.fao.org/fishery/static/>)

### C. Teknologi Pendukung Penanganan

Perkembangan teknologi turut mendukung peningkatan efektivitas penanganan pascapanen. Beberapa inovasi antara lain:

- ✓ Sistem aerasi portabel yang menggunakan kompresor mini atau tabung oksigen untuk menjaga DO tetap stabil.
- ✓ Pendinginan terkontrol (*cooling system*), di mana suhu air diturunkan beberapa derajat untuk menekan metabolisme ikan sehingga kebutuhan oksigen berkurang.
- ✓ Penggunaan biofilter sederhana yang mampu menyerap amonia hasil metabolisme ikan selama dalam wadah pemulihan.
- ✓ Sensor IoT untuk memantau kualitas air (suhu, pH, DO) secara real-time sebelum dan sesudah transportasi (Prapti *et al.*, 2022).

Inovasi-inovasi tersebut membuat penanganan ikan hidup menjadi lebih efisien, berkelanjutan, dan mampu menjaga tingkat kelangsungan hidup ikan hingga mencapai konsumen.

### D. Implikasi Ekonomi dan Kesehatan Pangan

Penanganan pascapanen yang buruk dapat mengakibatkan penurunan *survival rate* hingga 50%, terutama pada transportasi jarak jauh. Hal ini berarti kerugian besar, baik dari sisi kuantitas maupun kualitas produk. Sebaliknya, praktik yang tepat akan menjaga nilai jual tinggi, memperluas pasar ekspor, dan meningkatkan kepercayaan konsumen terhadap produk perikanan Indonesia.

Dari perspektif kesehatan pangan, penanganan yang higienis juga mencegah kontaminasi mikroba yang berbahaya. Ikan yang ditangani secara benar tidak hanya memiliki nilai ekonomi lebih baik, tetapi juga lebih aman dikonsumsi. Oleh sebab itu, tahapan

pascapanen tidak boleh dipandang sebagai proses tambahan, melainkan investasi awal dalam menjaga mutu produk perikanan.

## 8.2 Penanganan Selama Transportasi

Transportasi ikan hidup merupakan salah satu mata rantai krusial dalam industri perikanan. Tahapan ini menghubungkan lokasi produksi, baik tambak, kolam, maupun perairan tangkap, dengan pasar, unit pengolahan, atau pusat distribusi. Keberhasilan transportasi sangat bergantung pada kemampuan menjaga kondisi fisiologis ikan agar tetap stabil sepanjang perjalanan. Hal ini karena ikan hidup adalah komoditas yang sangat sensitif terhadap perubahan lingkungan, terutama oksigen, suhu, pH, serta akumulasi zat beracun seperti amonia dan karbon dioksida.

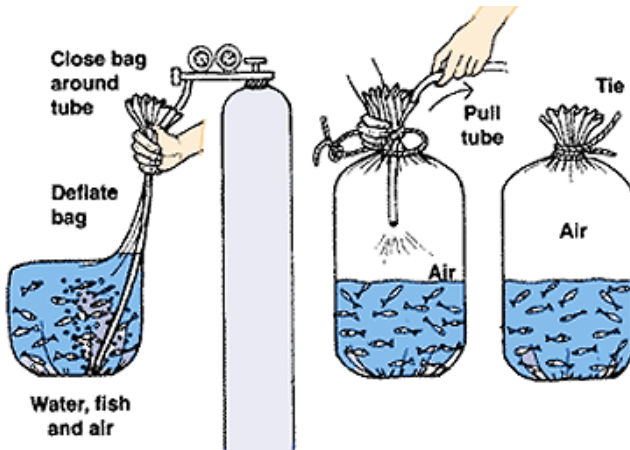
Prinsip utama transportasi ikan hidup adalah mengurangi stres seminimal mungkin. Setiap gangguan, baik mekanis (guncangan, kepadatan berlebih), kimia (pH tidak stabil, peningkatan amonia), maupun biologis (kekurangan oksigen, infeksi penyakit), dapat menimbulkan mortalitas tinggi. Stres transportasi tidak hanya mengurangi tingkat kelangsungan hidup (*survival rate*), tetapi juga memengaruhi kualitas organoleptik ikan setelah mati, misalnya tekstur daging menjadi lebih lunak atau berbau tidak segar (Sampaio & Freire, 2016).

### A. Faktor-Faktor Penting dalam Transportasi Ikan Hidup

#### a. Oksigen Terlarut (DO – *Dissolved Oxygen*)

Oksigen adalah faktor penentu utama. Ikan bergantung pada difusi oksigen dalam air untuk respirasi. Saat kepadatan tebar tinggi, konsumsi oksigen meningkat drastis sehingga tanpa suplai tambahan, ikan dapat mengalami hipoksia. Pada

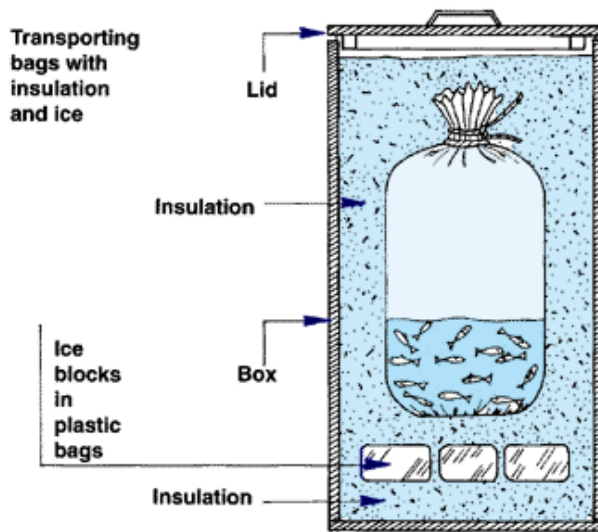
transportasi jarak jauh, tabung oksigen murni digunakan untuk mempertahankan DO di atas 6 mg/L (Islami *et al*, 2017). Dalam transportasi sederhana, seperti jarak pendek, kantong plastik beroksigen masih banyak dipakai.



**Gambar 29. Penambahan oksigen pada plastik berisi ikan**  
(Sumber: <https://www.fao.org/fishery/static/>)

b. Suhu Air

Menurunkan suhu air (*cooling*) sebanyak 2–5 °C di bawah suhu normal lingkungan mampu memperlambat metabolisme ikan sehingga kebutuhan oksigen berkurang. Namun, pendinginan harus dilakukan secara bertahap agar ikan tidak mengalami *thermal shock*. Misalnya, ikan mas (*Cyprinus carpio*) mampu bertahan lebih lama pada suhu 18–20 °C dibandingkan suhu 26–28 °C (Boyd & McNevin, 2014).



**Gambar 30. Penambahan insulasi dan es untuk mengurangi suhu air**

(Sumber: <https://www.fao.org/fishery/static/>)

c. pH dan Amonia

Selama transportasi, ikan terus mengeluarkan feses dan urin, yang meningkatkan amonia ( $\text{NH}_3$ ) dalam wadah. Peningkatan amonia menyebabkan iritasi insang dan mengganggu respirasi. Kadar amonia sebaiknya dijaga  $<0,02$  mg/L. pH air yang terlalu tinggi memperparah toksisitas amonia. Oleh sebab itu, penggunaan buffer alami atau zeolit sering diterapkan untuk menekan akumulasi amonia.

d. Kepadatan Tebar

Kepadatan ikan harus diatur sesuai ukuran dan spesies. Kepadatan terlalu tinggi menyebabkan kompetisi oksigen, stres, serta peningkatan limbah metabolik. Misalnya, untuk transportasi ikan nila (*Oreochromis niloticus*), rekomendasi kepadatan berkisar 100–150 g/L untuk transportasi  $\leq 6$  jam,

sedangkan untuk ikan yang lebih sensitif seperti gurame, kepadatan perlu diturunkan (Berka, 1986).

## B. Metode Transportasi

Transportasi ikan hidup dapat dilakukan dengan berbagai metode, tergantung pada jarak, volume, serta tujuan akhir distribusi.

### a. Transportasi Jarak Pendek

Umumnya menggunakan kantong plastik berisi air dan oksigen, yang kemudian dimasukkan dalam kotak pendingin. Metode ini murah, praktis, dan cukup efektif untuk perjalanan kurang dari 8 jam.

### b. Transportasi Jarak Menengah hingga Jauh

Menggunakan wadah besar berbahan *fiberglass*, drum plastik, atau tangki di atas kendaraan. Suplai oksigen diberikan melalui aerator listrik atau tabung oksigen murni. Sistem ini memungkinkan pengangkutan dalam skala lebih besar dengan waktu tempuh hingga 24–48 jam.

### c. Transportasi dengan Sistem Resirkulasi (RAS – *Recirculating Aquaculture System*)

Teknologi modern ini memungkinkan transportasi ikan hidup jarak jauh dengan kontrol kualitas air yang lebih baik. RAS dilengkapi biofilter, aerasi, bahkan pendingin otomatis. Sistem ini efektif menekan akumulasi amonia dan mempertahankan oksigen optimal, sehingga survival rate ikan dapat mencapai lebih dari 95%.



**Gambar 31. Aplikasi RAS di tangki pengangkut ikan**

(Sumber: Guangdong ZKAQUA Aquaculture Equipment Co., Ltd.)

### C. Inovasi Teknologi dalam Transportasi

Perkembangan teknologi digital semakin mendukung manajemen transportasi ikan hidup. Beberapa inovasi yang telah diaplikasikan antara lain:

- ✓ Sensor IoT (*Internet of Things*) untuk memantau suhu, DO, pH, dan kadar amonia secara real-time. Data dikirim ke perangkat mobile sehingga pengemudi atau operator dapat segera melakukan tindakan korektif.
- ✓ Pendingin portabel berbasis energi surya, yang menjaga kestabilan suhu air terutama pada transportasi darat jarak jauh.
- ✓ Biofilter mini berbasis zeolit dan bakteri nitrifikasi, yang mampu mengurai amonia menjadi nitrit dan nitrat sehingga lebih aman bagi ikan.
- ✓ Sistem *shock absorber* pada tangki, yang dirancang untuk mengurangi guncangan mekanis selama perjalanan sehingga ikan tidak mudah cedera dan stress.

Teknologi-teknologi ini tidak hanya meningkatkan kelangsungan hidup ikan, tetapi juga menekan biaya kerugian akibat mortalitas selama distribusi.

#### **D. Implikasi Ekonomi dan Kesehatan Pangan**

Keberhasilan transportasi ikan hidup berdampak langsung pada nilai ekonomi produk. Ikan yang sampai ke pasar dalam kondisi hidup atau segar utuh memiliki harga jual lebih tinggi dibandingkan ikan yang mati di perjalanan. Pada ekspor, terutama ke pasar Asia Timur seperti Jepang atau Tiongkok, ikan hidup premium dapat bernilai 2–3 kali lipat dibandingkan ikan mati segar.

Selain itu, transportasi yang higienis turut berkontribusi pada aspek keamanan pangan (*food safety*). Air yang terkontaminasi bakteri patogen selama transportasi dapat menjadi sumber cemaran. Oleh karena itu, protokol biosekuriti, seperti pembersihan tangki dan penggunaan air bersih terstandar, sangat penting untuk menjamin bahwa ikan yang diangkut tidak hanya hidup, tetapi juga aman dikonsumsi.

### **8.3 Transportasi Sistem Kering**

Transportasi sistem kering merupakan salah satu inovasi penting dalam rantai distribusi ikan hidup. Berbeda dengan sistem basah yang mengandalkan air sebagai media utama, sistem kering dilakukan dengan mengurangi atau bahkan menghilangkan media air, lalu menggantinya dengan lapisan lembap yang dapat mempertahankan kelembaban tubuh ikan. Prinsip utama dari sistem ini adalah memanfaatkan kemampuan fisiologis ikan tertentu untuk bertahan pada kondisi hipoksia (kekurangan oksigen) dalam jangka waktu tertentu. Spesies yang umum diangkut dengan sistem kering antara lain belut (*Monopterus albus*), lele (*Clarias* sp.), gabus (*Channa striata*), hingga sidat (*Anguilla* sp.) karena semuanya memiliki organ pernapasan

tambahan yang mendukung pengambilan oksigen langsung dari udara.

## A. Prinsip Dasar Transportasi Sistem Kering

### a. Pengendalian Metabolisme

Dalam kondisi tanpa air, ikan berisiko mengalami stres respirasi akibat keterbatasan oksigen. Oleh karena itu, metabolisme ikan harus ditekan seminimal mungkin. Teknik yang umum digunakan adalah pendinginan (anestesi termal) dengan menurunkan suhu tubuh ikan 2–5 °C di bawah kondisi normal. Pendinginan ini menurunkan laju metabolisme dan konsumsi oksigen, sehingga ikan mampu bertahan lebih lama (Zaccone *et al.*, 2018).

### b. Menjaga Kelembaban Tinggi

Kelembaban 90–95% merupakan syarat mutlak dalam sistem ini. Jika kelembaban turun, insang ikan akan kering dan mengalami kerusakan permanen. Umumnya, wadah transportasi dilapisi kain basah, serbuk gergaji lembap, atau serat alami seperti sabut kelapa. Bahan-bahan tersebut berfungsi menjaga kelembaban sekaligus menahan posisi ikan agar tidak saling bertumpuk.

### c. Sirkulasi Udara

Walaupun sistem kering mengandalkan toleransi ikan terhadap hipoksia, sirkulasi udara tetap diperlukan untuk mencegah akumulasi karbon dioksida. Beberapa wadah transportasi modern dilengkapi dengan lubang aerasi atau sistem ventilasi pasif untuk menjaga suplai oksigen minimal.

## B. Teknik dan Bahan yang Digunakan

Beberapa teknik praktis yang sering diterapkan dalam transportasi sistem kering antara lain:

a. Penggunaan wadah berlapis kain basah

Ikan diletakkan secara berlapis, dengan setiap lapisan dipisahkan kain basah atau kapas lembap. Cara ini banyak digunakan pada transportasi belut dan gabus untuk pasar lokal.

b. Serbuk gergaji lembap

Bahan ini memiliki daya serap tinggi, ringan, dan dapat menjaga kelembaban dalam waktu cukup lama. Namun, perlu dipastikan bahwa serbuk gergaji berasal dari kayu yang tidak beracun bagi ikan.

c. Kotak plastik dengan ventilasi

Banyak digunakan untuk distribusi jarak menengah (6–12 jam). Kotak dilapisi plastik dan kain lembap, lalu diberi ventilasi di bagian samping atau atas.

d. Teknik anestesi kimia

Pada beberapa kasus, ikan diberi anestesi ringan (misalnya dengan minyak cengkeh atau MS-222) sebelum transportasi untuk menekan aktivitas gerakan, sehingga risiko stres berkurang (Ross & Ross, 2009).

### C. Keunggulan Sistem Kering

Transportasi sistem kering memiliki beberapa kelebihan dibandingkan sistem basah, antara lain:

- a. Efisiensi Ruang - Karena tidak memerlukan air dalam jumlah besar, volume ikan yang dapat diangkut per unit ruang lebih tinggi.
- b. Biaya Transportasi Lebih Rendah - Berat total muatan berkurang signifikan tanpa adanya air, sehingga biaya logistik, terutama transportasi udara, menjadi lebih murah.
- c. Rendah Risiko Tumpahan Air - Transportasi menjadi lebih praktis karena tidak ada risiko kebocoran air atau tumpahan selama perjalanan.
- d. Cocok untuk Ekspor - Sistem ini sering digunakan untuk pengiriman ikan bernilai tinggi seperti sidat ke Jepang atau Eropa, karena meminimalkan biaya namun tetap menjaga kelangsungan hidup ikan.

### D. Keterbatasan Sistem Kering

Walaupun efisien, sistem ini memiliki keterbatasan yang cukup serius:

- a. Hanya cocok untuk spesies tertentu - Tidak semua ikan mampu bertahan tanpa air. Ikan-ikan pelagis atau ikan laut pada umumnya tidak cocok diangkut dengan sistem ini.
- b. Batasan waktu - Ketahanan ikan dalam kondisi kering relatif singkat, umumnya 12–24 jam, meskipun dengan kelembaban tinggi.
- c. Risiko dehidrasi - Jika wadah tidak mampu mempertahankan kelembaban, mortalitas bisa meningkat drastis.

- d. Stres fisiologis - Meskipun ikan bertahan hidup, kondisi fisiologis bisa terganggu, yang berpengaruh pada kualitas daging setelah sampai tujuan.

## E. Studi Kasus dan Aplikasi Lapangan

- a. Transportasi Belut di Asia Tenggara

Di Indonesia dan Thailand, belut biasa diangkut menggunakan karung plastik berisi serbuk gergaji lembap. Dengan metode ini, belut dapat bertahan hidup hingga 24 jam perjalanan darat tanpa mortalitas signifikan.

- b. Ekspor Sidat ke Jepang

Perusahaan eksportir di Jawa Barat menggunakan kotak khusus berinsulasi, dengan kelembaban dijaga pada 95% menggunakan serat kapas basah. Dengan suhu 18–20 °C, survival rate sidat dapat mencapai lebih dari 90% setelah perjalanan udara  $\pm 12$  jam.

- c. Transportasi Lele ke Pasar Lokal

Lele sering diangkut dalam wadah terbuka dengan kain basah. Namun, jika perjalanan melebihi 8 jam, mortalitas bisa mencapai 20–30%, sehingga banyak petani kini beralih ke sistem kombinasi kering-basah (misalnya kelembaban + semprotan berkala).

## F. Inovasi Teknologi dalam Sistem Kering

Beberapa inovasi terbaru yang mulai diterapkan antara lain:

- a. *Humidity control box* dengan sensor IoT yang memantau kelembaban secara real-time.

- b. Lapisan hidrogel sebagai media alternatif pengganti kain basah, mampu mempertahankan kelembaban lebih stabil.
- c. Kemasan vakum oksigen rendah untuk sidat, yang menekan metabolisme dengan atmosfer termodifikasi.

Inovasi ini tidak hanya meningkatkan kelangsungan hidup ikan, tetapi juga memperluas potensi ekspor komoditas bernilai tinggi.

## 8.4 Transportasi Sistem Basah

Transportasi sistem basah adalah metode pengangkutan ikan hidup dengan mempertahankan media air sebagai lingkungan utama selama perjalanan. Sistem ini menjadi pilihan paling umum dalam rantai distribusi ikan karena mendekati kondisi alami kehidupan ikan, sehingga lebih sesuai dengan kebutuhan fisiologis mereka. Dengan adanya media air, proses pertukaran oksigen dan karbon dioksida dapat berlangsung sebagaimana mestinya, serta meminimalkan kerusakan fisik akibat gesekan langsung antar ikan.

Pada praktiknya, transportasi basah banyak digunakan untuk ikan-ikan yang tidak memiliki toleransi tinggi terhadap kekurangan oksigen (hipoksia). Contohnya, ikan pelagis kecil, ikan hias laut, dan ikan budidaya konsumsi seperti nila (*Oreochromis niloticus*), patin (*Pangasius* sp.), dan gurami (*Osphronemus gouramy*). Keberhasilan sistem ini bergantung pada kontrol ketat terhadap parameter kualitas air seperti oksigen terlarut (DO), suhu, pH, dan amonia.

## A. Prinsip Dasar Transportasi Sistem Basah

### a. Oksigen Terlarut (DO)

Oksigen merupakan faktor penentu utama dalam transportasi basah. Penurunan kadar DO akan menyebabkan stres, asfiksia, hingga kematian ikan. Oleh karena itu, metode transportasi basah hampir selalu dikombinasikan dengan penambahan oksigen murni ke dalam wadah.

### b. Suhu Air

Pendinginan merupakan teknik standar untuk menurunkan aktivitas metabolisme ikan. Pada spesies tropis, penurunan suhu hingga 18–22 °C dapat menurunkan laju metabolisme 30–40%, sehingga ikan lebih tahan terhadap kondisi transportasi.

### c. Kualitas Air (pH dan Amonia)

Penumpukan amonia dari hasil ekskresi ikan menjadi ancaman serius. Amonia dalam bentuk tak terionisasi ( $\text{NH}_3$ ) sangat beracun, terlebih pada kondisi pH tinggi. Oleh karena itu, penggunaan buffer pH dan zat penyerap amonia seperti zeolit sering diterapkan.

### d. Kepadatan Tebar

Kepadatan ikan dalam wadah transportasi harus diatur agar tidak melebihi kapasitas oksigen dan ruang gerak yang tersedia. Setiap spesies memiliki toleransi berbeda, misalnya lele dapat diangkut dengan kepadatan lebih tinggi dibandingkan ikan mas.

## B. Klasifikasi Transportasi Basah

### a. Sistem Statis (Tertutup)

- ✓ Menggunakan wadah berisi air yang ditutup rapat.
- ✓ Oksigen murni diinjeksikan ke dalam kantong plastik atau wadah, sehingga tercipta lingkungan kaya oksigen.
- ✓ Cocok untuk perjalanan jarak pendek hingga menengah (4–12 jam).
- ✓ Umumnya digunakan untuk pengiriman benih ikan atau ikan hias.

### b. Sistem Dinamis (Terbuka/Resirkulasi)

- ✓ Menggunakan aerator, pompa, atau sistem resirkulasi dengan filter untuk menjaga kualitas air.
- ✓ Memungkinkan perjalanan lebih panjang (hingga >24 jam).
- ✓ Biaya operasional lebih tinggi, namun tingkat *survival rate* ikan jauh lebih baik.
- ✓ Banyak digunakan pada transportasi jarak jauh, terutama ekspor.

## C. Teknik Pendukung Transportasi Basah

### a. Penggunaan Es atau Pendingin Gel Pack

- ✓ Digunakan untuk menurunkan suhu air secara perlahan agar ikan tidak mengalami *thermal shock*.

### b. Aditif Kimia

- ✓ *Buffer* pH (misalnya  $\text{NaHCO}_3$ ) untuk menstabilkan pH air.

- ✓ Garam dapur (NaCl) dengan dosis rendah untuk mengurangi stres osmotik dan mencegah infeksi bakteri.
- ✓ Anestesi ringan seperti minyak cengkeh (clove oil) untuk menekan aktivitas gerakan ikan, sehingga mengurangi konsumsi oksigen.

c. Wadah Transportasi

- ✓ Kantong plastik dengan oksigen murni (umum pada benih ikan).
- ✓ Drum, fiber, atau kotak berinsulasi (untuk transportasi massal).
- ✓ Wadah berpendingin dengan aerasi (ekspor bernilai tinggi).



**Gambar 32.** Drum fiber pengangkut ikan lele  
(Sumber: Jagadtani TV)

## D. Keunggulan Sistem Basah

- a. Fisiologis Lebih Stabil – Lingkungan transportasi menyerupai habitat alami ikan, sehingga menurunkan tingkat stres.
- b. Rentang Spesies Luas – Hampir semua jenis ikan dapat diangkut dengan sistem ini, termasuk ikan laut yang sangat sensitif.

- c. Durasi Transportasi Relatif Panjang – Dengan bantuan aerasi atau resirkulasi, ikan dapat bertahan lebih dari 24 jam.
- d. Minim Kerusakan Fisik – Media air membantu meredam benturan antar ikan selama perjalanan.

### **E. Keterbatasan Sistem Basah**

- a. Biaya Transportasi Lebih Tinggi – Karena bobot air yang besar, biaya logistik terutama untuk transportasi udara menjadi mahal.
- b. Risiko Kebocoran – Jika wadah bocor, ikan dapat mati dalam waktu singkat.
- c. Akumulasi Limbah Metabolik – Konsentrasi amonia dan CO<sub>2</sub> meningkat cepat, sehingga perlu pemantauan ketat.
- d. Keterbatasan Teknologi Lapangan – Tidak semua petani atau pengepul memiliki akses ke sistem dinamis dengan resirkulasi modern.

### **F. Aplikasi Lapangan**

- a. Distribusi Benih Nila di Indonesia

Benih nila umumnya diangkut dengan kantong plastik berisi air dan oksigen murni. Dengan suhu 20–22 °C, tingkat kelangsungan hidup mencapai 95% untuk perjalanan darat 8–10 jam.

- b. Ekspor Ikan Hias ke Eropa

Ikan hias seperti discus atau koi biasanya dikirim dengan sistem statis, namun dilengkapi es untuk menurunkan suhu dan minyak cengkeh sebagai anestesi ringan.



**Gambar 33.** Ekspor ikan hias di Thailand  
(Sumber: Bangkok Aqua Plus Co.,Ltd.)

c. Transportasi Patin di Vietnam

Sistem dinamis dengan aerasi digunakan untuk mengangkut patin hidup ke pasar ekspor, karena volume ikan besar tidak memungkinkan dengan metode kantong plastik.

## G. Inovasi Teknologi

Seiring berkembangnya teknologi, transportasi basah kini dikombinasikan dengan pendekatan modern seperti:

- a. *Smart Water Monitoring System* – Sensor digital untuk memantau DO, suhu, pH, dan amonia secara real-time selama perjalanan.
- b. *Insulated Containers with IoT* – Wadah berinsulasi yang terkoneksi dengan aplikasi mobile untuk mengontrol kualitas air.
- c. Probiotik Akuatik – Ditambahkan untuk menekan pertumbuhan bakteri patogen selama perjalanan.
- d. Sistem Aerasi Portabel Bertenaga Baterai/Listrik – Digunakan dalam perjalanan darat jarak menengah untuk menjaga kelangsungan hidup ikan.

## 8.5 Kesimpulan

Penanganan ikan pascapanen hingga tahap transportasi sistem basah merupakan rangkaian krusial dalam menjaga mutu, keamanan, dan nilai ekonomi hasil perikanan. Tahap awal penanganan pascapanen menekankan pentingnya perlakuan yang higienis, pengendalian suhu, serta pencegahan kerusakan fisik maupun mikrobiologis. Proses ini dilanjutkan dengan metode transportasi yang disesuaikan dengan kebutuhan spesies dan jarak distribusi. Transportasi, baik dengan sistem kering maupun basah, berperan penting untuk mempertahankan kesegaran ikan hingga ke konsumen, sekaligus mengurangi risiko kehilangan hasil (*post-harvest losses*).

Secara khusus, sistem transportasi basah dinilai lebih efektif dalam menjaga kelangsungan hidup ikan, terutama untuk benih, ikan konsumsi bernilai tinggi, maupun ikan hias. Meskipun membutuhkan biaya operasional lebih besar dan infrastruktur pendukung yang memadai, sistem ini dapat meningkatkan tingkat kelangsungan hidup (*survival rate*) serta menjamin

kualitas ikan sampai ke tujuan. Dengan demikian, integrasi penanganan pascapanen yang baik, pemilihan sistem transportasi yang tepat, dan penerapan teknologi pendukung merupakan kunci utama untuk mewujudkan rantai pasok perikanan yang efisien, berkelanjutan, dan berdaya saing tinggi.

## **BAB 9**

# **TEKNOLOGI PENANGANAN RUMPUT LAUT DAN HASIL PERIKANAN NON- IKAN**

### **9.1 Penanganan Rumput Laut Pascapanen**

Penanganan pascapanen rumput laut merupakan salah satu tahapan paling kritis dalam rantai produksi, karena menentukan keberhasilan usaha budidaya dan kualitas produk yang dihasilkan. Apabila penanganan dilakukan secara kurang tepat, nilai jual rumput laut dapat menurun drastis, bahkan ditolak oleh pasar ekspor yang menerapkan standar mutu sangat ketat. Oleh sebab itu, penguasaan teknologi pascapanen menjadi keterampilan penting bagi pembudidaya, pelaku industri pengolahan, maupun pihak terkait dalam rantai pasok.

#### **A. Prinsip Dasar Penanganan Pascapanen**

Prinsip utama penanganan pascapanen adalah menjaga mutu dan keamanan produk sejak saat rumput laut dipanen hingga masuk ke jalur distribusi. Hal ini mencakup beberapa aspek pokok:

- a. Kecepatan – rumput laut segar memiliki kadar air yang tinggi (80–90%) sehingga sangat rentan ditumbuhi mikroorganisme. Oleh karena itu, penanganan harus dilakukan segera setelah pemanenan.
- b. Kebersihan – kontak dengan pasir, lumpur, minyak, atau hewan pengganggu dapat mencemari produk. Standar higienitas harus diterapkan baik di lokasi panen maupun selama pengangkutan.

- c. Pengendalian kadar air – kadar air yang terlalu tinggi memicu pertumbuhan kapang, sedangkan kadar air yang terlalu rendah dapat menyebabkan rumput laut rapuh dan kehilangan tekstur alami.
- d. Standarisasi mutu – diperlukan pengelompokan atau grading berdasarkan ukuran, warna, dan tingkat kebersihan agar harga jual stabil dan memenuhi permintaan industri.

## B. Pemanenan yang Tepat

Kegiatan panen rumput laut tidak bisa dilakukan secara sembarangan. Waktu panen sangat menentukan kualitas gel, warna, serta rendemen produk. Misalnya, *Kappaphycus alvarezii* sebaiknya dipanen saat berumur 45–60 hari, karena pada periode tersebut kandungan karaginan berada pada titik optimal (Hurtado & Agbayani, 2002). Panen terlalu cepat akan menghasilkan rumput laut dengan rendemen rendah, sedangkan panen terlalu lambat menyebabkan degradasi polisakarida serta penurunan warna alami.

Teknik pemanenan juga perlu diperhatikan. Pemotongan harus dilakukan dengan hati-hati, menggunakan alat tajam, dan menyisakan bagian thallus yang cukup untuk regenerasi bibit. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa pemanenan yang terlalu kasar dapat merusak jaringan tanaman dan memperlambat siklus produksi berikutnya (Velasquez, 1953).



**Gambar 34.** Budidaya rumput laut di Bali  
(Sumber: Ian Neubauer/Al Jazeera)

### C. Penanganan Segera Setelah Panen

Rumput laut yang baru dipanen sebaiknya dicuci menggunakan air laut bersih untuk menghilangkan lumpur, pasir, epifit, maupun hewan kecil yang menempel. Pencucian dengan air tawar tidak disarankan pada tahap awal, karena dapat menyebabkan perubahan osmotik dan kerusakan sel. Baru pada tahap pra-pengeringan, sebagian produsen menggunakan air tawar untuk mengurangi kadar garam.

Setelah pencucian, rumput laut harus segera ditiriskan agar tidak menumpuk dalam kondisi basah. Tumpukan yang terlalu lama dapat menyebabkan pemanasan alami (*heating*) akibat aktivitas mikroba, sehingga merusak pigmen dan tekstur. Oleh karena itu, petani sering menggunakan keranjang berlubang atau wadah anyaman untuk mengalirkan air sisa pencucian.

### D. Teknologi Pengeringan

Pengeringan merupakan tahap paling kritis untuk memperpanjang umur simpan rumput laut. Tujuannya adalah

menurunkan kadar air dari 80–90% menjadi di bawah 30%, bahkan standar ekspor mensyaratkan kadar air 18–22% (Bixler & Porse, 2011).

Terdapat berbagai metode pengeringan:

- a. Pengeringan tradisional dengan sinar matahari langsung. Metode ini murah, tetapi sangat bergantung pada cuaca dan berisiko terkontaminasi debu.
- b. Pengeringan para-para (rak bambu atau jaring). Cara ini lebih higienis karena rumput laut tidak langsung menyentuh tanah.
- c. *Solar Dryer Dome* (SDD). Teknologi tepat guna berbentuk rumah kaca mini dengan sirkulasi udara terkendali. Alat ini dapat mempercepat pengeringan hingga 50% dan mengurangi risiko kontaminasi (Agustiono *et al.*, 2024).
- d. Pengeringan mekanis dengan menggunakan oven, blower panas, atau freeze dryer. Walaupun membutuhkan biaya tinggi, metode ini memberikan kualitas konsisten, terutama untuk produk farmasi dan pangan fungsional (Chan *et al.*, 2020).

Selain metode, kondisi teknis juga penting. Suhu pengeringan tidak boleh terlalu tinggi ( $>60\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) karena dapat merusak struktur polisakarida. Waktu pengeringan yang terlalu lama juga bisa menurunkan kualitas warna.

Di Filipina, penerapan teknologi *Solar Dryer Dome* secara luas berhasil meningkatkan kualitas rumput laut *Kappaphycus* dan *Eucheuma* sehingga memenuhi standar Jepang dan Amerika Serikat (Hurtado & Agbayani, 2002). Sementara itu, di Indonesia, beberapa koperasi nelayan di Sulawesi Selatan telah mengadopsi model pengeringan mekanis dengan oven bersuhu rendah, yang menghasilkan rumput laut berkualitas ekspor dengan harga lebih tinggi dibandingkan penjemuran tradisional.



**Gambar 35. *Solar Dryer Dome* untuk pengeringan rumput laut**  
(Sumber: PT Impack Pratama Industri Tbk.)

## **E. Penyimpanan dan Pengemasan**

Rumput laut kering harus dikemas dengan cara yang melindungi dari kelembaban dan kontaminasi ulang. Biasanya digunakan karung plastik tebal, goni, atau woven bag yang dilapisi plastik dalam. Pada gudang penyimpanan, kelembaban harus dijaga di bawah 60% dan ventilasi udara cukup.

Standar internasional menekankan bahwa rumput laut kering tidak boleh mengandung jamur, pasir berlebih, atau bahan asing lainnya. Oleh karena itu, tahap *grading* sangat diperlukan sebelum pengemasan.

## **F. Tantangan Mutu dan Standarisasi**

Salah satu permasalahan utama dalam perdagangan rumput laut Indonesia adalah ketidakseragaman mutu. Banyak produk masih dijual dalam kondisi tercampur antara kualitas tinggi dan rendah, sehingga menurunkan harga rata-rata. Beberapa tantangan yang sering ditemui adalah:

- ✓ Kadar air tidak konsisten, sering kali di atas standar.
- ✓ Kontaminasi pasir, garam, dan benda asing.
- ✓ Perubahan warna akibat pengeringan tidak merata.
- ✓ Tidak adanya standar grading yang diakui secara nasional.

Untuk menjawab tantangan ini, diperlukan penerapan *Good Handling Practices* (GHP) dan *Good Manufacturing Practices* (GMP) yang disesuaikan dengan karakteristik rumput laut.

## 9.2 Teknologi Pengeringan Modern

Perkembangan industri perikanan dan kelautan dewasa ini tidak hanya menuntut peningkatan produksi, tetapi juga menekankan pentingnya mutu, keamanan pangan, dan efisiensi proses. Salah satu aspek penting dalam rantai pascapanen rumput laut adalah pengeringan, yang berfungsi menurunkan kadar air agar produk lebih tahan lama, mudah disimpan, serta siap diolah menjadi berbagai produk turunan. Apabila dahulu pengeringan masih mengandalkan metode tradisional dengan penjemuran di bawah sinar matahari, kini berbagai teknologi pengeringan modern telah dikembangkan untuk menjawab tantangan kualitas dan standarisasi produk. Dua metode yang paling banyak dibicarakan dan mulai diterapkan secara luas adalah *freeze drying* dan *solar dryer dome* (SDD).

This 100% Korean freeze-dried Maesaengi (seaweed) is conveniently portioned into 2g sachets, perfect for quick use in soups or stews without the need for soaking.



**Gambar 36. Freeze-Dried Seaweed Maesaengi dari Korea Selatan**  
(Sumber: <https://www.koryomart.co.kr/>)

### **A. Pentingnya Teknologi Pengeringan Modern**

Metode pengeringan tradisional, meskipun murah dan sederhana, memiliki sejumlah kelemahan, seperti ketergantungan pada kondisi cuaca, potensi kontaminasi debu dan mikroorganisme, serta hasil mutu yang tidak seragam. Dalam konteks perdagangan internasional, kualitas rumput laut yang dihasilkan dengan cara tradisional seringkali tidak mampu memenuhi standar ketat negara importir, misalnya Jepang, Korea Selatan, atau Amerika Serikat. Oleh karena itu, modernisasi pascapanen melalui pengeringan menjadi kebutuhan mendesak.

Teknologi pengeringan modern tidak hanya ditujukan untuk menghasilkan produk dengan kadar air yang stabil, tetapi juga untuk mempertahankan karakteristik fungsional rumput laut, seperti kandungan karaginan, agar-agar, atau senyawa bioaktif

lain yang sangat bernilai dalam industri pangan, farmasi, dan kosmetik (Nagahawatta *et al.*, 2021). Dengan kata lain, pengeringan modern merupakan investasi strategis dalam meningkatkan daya saing produk perikanan Indonesia di pasar global.

### **B. Freeze drying (Pengeringan Beku)**

*Freeze drying* atau *lyophilization* merupakan salah satu teknologi pengeringan tercanggih yang banyak digunakan dalam industri farmasi, pangan fungsional, dan bioteknologi. Prinsip dasarnya adalah membekukan produk pada suhu sangat rendah (sekitar -40 °C hingga -80 °C), lalu menurunkan tekanan hingga kondisi vakum sehingga air dalam jaringan es mengalami sublimasi, yaitu berubah langsung dari fase padat ke gas tanpa melalui fase cair (Ratti, 2001).

Proses *freeze drying* memiliki beberapa keunggulan utama:

- a. Retensi struktur sel – karena air dihilangkan dalam bentuk sublimasi, struktur jaringan rumput laut tetap utuh.
- b. Stabilitas bioaktif – kandungan senyawa bioaktif, seperti antioksidan, polifenol, atau vitamin, lebih terjaga dibandingkan metode pengeringan konvensional.
- c. Mutu sensori – warna, aroma, dan tekstur rumput laut relatif tidak berubah sehingga menghasilkan produk premium.
- d. Daya simpan panjang – kadar air akhir dapat mencapai <5%, menjadikan produk sangat stabil dalam jangka waktu lama.

Namun demikian, *freeze drying* memiliki keterbatasan dalam aspek biaya. Investasi peralatan sangat mahal, ditambah konsumsi energi yang tinggi untuk mempertahankan suhu rendah dan kondisi vakum. Oleh karena itu, penerapannya masih terbatas pada skala industri besar atau produk bernilai tinggi

seperti ekstrak karaginan murni, suplemen makanan berbahan rumput laut, atau bahan baku farmasi (Ashworth *et al.*, 2024).

Di Jepang dan Korea, teknologi ini banyak digunakan untuk menghasilkan snack rumput laut kering instan, ekstrak fungsional, hingga kosmetik berbasis alga. Sementara itu, di Indonesia, penerapan *freeze drying* masih terbatas pada lembaga penelitian atau perusahaan swasta yang menargetkan pasar khusus.

### C. *Solar Dryer Dome* (SDD)

Berbeda dengan *freeze drying* yang berbiaya tinggi, ***Solar Dryer Dome* (SDD)** merupakan inovasi tepat guna yang dirancang untuk menjawab kebutuhan pembudidaya dan pelaku usaha kecil-menengah. SDD berbentuk bangunan semi permanen menyerupai rumah kaca, dengan atap terbuat dari plastik transparan (biasanya polikarbonat atau UV plastic) yang memungkinkan sinar matahari masuk dan meningkatkan suhu di dalam ruangan. Sistem ventilasi dan sirkulasi udara diatur sedemikian rupa sehingga kelembaban dapat dikendalikan dan proses pengeringan lebih cepat serta higienis (Fernandes & Tavares, 2024).

Keunggulan SDD antara lain:

- a. Efisiensi waktu – waktu pengeringan dapat dipersingkat hingga 50% dibandingkan penjemuran terbuka.
- b. Higienitas lebih tinggi – rumput laut terlindung dari debu, hujan, hewan, dan kontaminasi lingkungan.
- c. Ramah lingkungan – memanfaatkan energi matahari sehingga hemat energi dan berkelanjutan.
- d. Kualitas lebih seragam – suhu dalam ruangan lebih stabil, menghasilkan kadar air rumput laut yang relatif konsisten.

Keterbatasan SDD adalah kapasitas pengeringan yang terbatas (tergantung ukuran bangunan) serta kebutuhan modal awal untuk konstruksi. Penerapan SDD di Indonesia telah dilakukan di Sulawesi Selatan, NTB, dan Maluku, dengan dukungan pemerintah maupun lembaga internasional. Hasilnya menunjukkan peningkatan mutu rumput laut, penurunan kontaminasi pasir, serta peningkatan penerimaan oleh pabrik pengolahan karaginan.

**D. Perbandingan *Freeze Drying* dan *Solar Dryer Dome***

Walaupun sama-sama masuk kategori teknologi modern, *freeze drying* dan SDD memiliki orientasi yang berbeda. *freeze drying* lebih sesuai untuk produk bernilai tinggi dengan pasar niche, sementara SDD lebih cocok untuk petani skala kecil hingga menengah yang menargetkan pasar industri pengolahan massal.

**Tabel 5. Perbandingan *Freeze Drying* dan *Solar Dryer Dome***

| Aspek            | <i>Freeze Drying</i>                        | <i>Solar Dryer Dome</i><br>(SDD)                |
|------------------|---------------------------------------------|-------------------------------------------------|
| Biaya investasi  | Sangat tinggi                               | Relatif rendah                                  |
| Skala produksi   | Industri besar,<br>farmasi, premium<br>food | Skala<br>petani/UMKM,<br>industri<br>pengolahan |
| Kadar air akhir  | < 5%                                        | 18–22%                                          |
| Retensi bioaktif | Sangat tinggi                               | Cukup baik                                      |
| Efisiensi energi | Boros energi listrik                        | Hemat,<br>memanfaatkan<br>energi matahari       |
| Aplikasi utama   | Produk fungsional,<br>farmasi, kosmetik     | Karaginan, agar,<br>pangan olahan<br>massal     |

Dengan demikian, pemilihan teknologi pengeringan harus mempertimbangkan tujuan produksi, kapasitas, pasar yang dituju, serta kemampuan finansial pelaku usaha.

## E. Prospek Pengembangan

Seiring meningkatnya permintaan dunia terhadap produk rumput laut, kebutuhan akan teknologi pengeringan modern akan semakin besar. Beberapa prospek pengembangan antara lain:

- a. *Hybrid drying system*, yaitu kombinasi antara SDD dengan blower listrik untuk mempercepat pengeringan saat cuaca lembab.
- b. *Low-cost freeze dryer*, penelitian untuk menekan biaya energi dengan sistem pendingin hemat energi.
- c. *Internet of Things (IoT)* monitoring, pemasangan sensor suhu dan kelembaban dalam SDD agar petani dapat memantau kondisi secara real time melalui ponsel.
- d. Skema kemitraan antara koperasi nelayan dengan pabrik pengolahan untuk menyediakan fasilitas SDD bersama.

Jika strategi ini diterapkan secara luas, Indonesia sebagai produsen rumput laut terbesar di dunia berpotensi memperkuat posisinya dalam rantai nilai global, tidak hanya sebagai pemasok bahan mentah, tetapi juga sebagai produsen produk setengah jadi dan bernilai tambah.

## 9.3 Inovasi Produk Turunan Rumput Laut

Potensi rumput laut tidak hanya terbatas sebagai bahan pangan tradisional, tetapi juga telah berkembang menjadi sumber bahan baku bagi berbagai industri modern. Karakteristik biologis dan kimiawi rumput laut, terutama kandungan polisakarida, pigmen, dan metabolit sekundernya, menjadikannya komoditas multifungsi dengan nilai tambah tinggi. Perkembangan riset dan

teknologi telah mendorong lahirnya beragam inovasi produk turunan yang tidak hanya bermanfaat dari sisi ekonomi, tetapi juga relevan dengan isu keberlanjutan lingkungan dan kesehatan masyarakat.

Secara umum, produk turunan rumput laut dapat dikategorikan ke dalam tiga bidang besar: hidrokolloid untuk pangan dan industri, bioplastik ramah lingkungan, serta produk farmasi dan kosmetik berbasis bioaktif. Ketiga bidang ini mencerminkan bagaimana rumput laut menjadi bagian penting dari transformasi menuju bioekonomi sirkular, di mana sumber daya hayati laut dimanfaatkan secara optimal untuk menghasilkan produk bernilai tambah sekaligus menjaga kelestarian lingkungan (Barbier *et al.*, 2018).

### A. Hidrokolloid: Pilar Industri Pangan dan Non-Pangan

Hidrokolloid adalah salah satu produk turunan paling klasik dari rumput laut. Polisakarida seperti agar, karaginan, dan alginat telah lama digunakan sebagai pengental, penstabil, dan pembentuk gel dalam industri pangan, farmasi, hingga tekstil.

- a. Agar diperoleh terutama dari *Gracilaria* dan *Gelidium*. Agar memiliki kemampuan membentuk gel yang kuat, transparan, dan stabil terhadap panas. Produk ini digunakan dalam pembuatan jelly, roti, produk daging, hingga media kultur mikrobiologi (McHugh, 2003).
- b. Karaginan, yang diekstrak dari *Kappaphycus alvarezii* atau *Eucheuma denticulatum*, berfungsi sebagai penstabil emulsi, pengikat air, serta bahan pembentuk tekstur. Karaginan banyak digunakan dalam produk susu, es krim, hingga kosmetik (Bixler & Porse, 2011).
- c. Alginat, yang terutama berasal dari rumput laut coklat (*Sargassum*, *Laminaria*), memiliki kemampuan membentuk film dan gel elastis. Alginat banyak diaplikasikan dalam industri farmasi (sebagai pengikat tablet), tekstil, hingga biomedis.

## B. Bioplastik Rumput Laut: Alternatif Ramah Lingkungan

Salah satu inovasi yang berkembang pesat dalam dekade terakhir adalah pemanfaatan rumput laut untuk menghasilkan bioplastik. Bioplastik merupakan plastik *biodegradable* yang dapat terurai secara alami, berbeda dengan plastik konvensional berbasis minyak bumi yang sulit terdegradasi.

Rumput laut memiliki kandungan polisakarida seperti agar dan karaginan yang dapat dimodifikasi menjadi bahan dasar film plastik tipis. Beberapa penelitian melaporkan bahwa bioplastik berbasis rumput laut memiliki sifat mekanik yang baik, transparan, serta dapat terurai dalam waktu 30–60 hari di lingkungan alami (Nurdin *et al.*, 2022).

Inovasi bioplastik dari rumput laut relevan dengan upaya global mengatasi pencemaran plastik. Data UNEP (2021) menunjukkan bahwa pada tahun 2016 sekitar 11 juta ton sampah plastik masuk ke laut dan akan menjadi sekitar 29 juta ton pada tahun 2040. Penggantian plastik sekali pakai dengan bioplastik berbasis rumput laut dapat menjadi solusi nyata, terutama di negara kepulauan seperti Indonesia yang menghadapi tantangan besar dalam pengelolaan sampah plastik.

Selain itu, peluang pasar bioplastik cukup menjanjikan. Laporan European Bioplastics (2022) memperkirakan bahwa permintaan global bioplastik akan mencapai 7,5 juta ton pada 2026, dengan pertumbuhan rata-rata 7% per tahun. Jika Indonesia mampu mengintegrasikan produksi rumput laut dengan teknologi bioplastik, maka posisi strategis sebagai produsen utama dapat semakin diperkuat.

## C. Produk Farmasi dan Kesehatan

Rumput laut juga menjadi sumber berbagai senyawa bioaktif yang bermanfaat dalam bidang farmasi dan kesehatan. Polisakarida sulfat dari rumput laut merah dan coklat telah

terbukti memiliki aktivitas antikoagulan, antivirus, antibakteri, imunomodulator, hingga antitumor (Fitton, 2011).

Beberapa penelitian menunjukkan bahwa fucoidan dari rumput laut coklat memiliki potensi sebagai agen antikanker melalui mekanisme induksi apoptosis sel tumor. Sementara itu, karagenan sulfat telah diuji memiliki aktivitas antiviral, termasuk terhadap virus herpes simplex dan HIV (Ghosh et al., 2009).

Produk turunan farmasi yang sudah dikembangkan antara lain:

- a. Suplemen kesehatan berbasis ekstrak polisakarida sulfat untuk meningkatkan daya tahan tubuh.
- b. Obat luka bakar dan perban bioaktif, memanfaatkan alginat yang mampu menyerap cairan dan mempercepat regenerasi jaringan.
- c. Bahan pembawa obat (*drug delivery system*) berbasis nanopartikel karaginan dan alginat yang mampu meningkatkan bioavailabilitas zat aktif.

Dengan meningkatnya tren *back to nature* dan penggunaan bahan alami dalam farmasi, prospek rumput laut sebagai sumber bahan aktif terus berkembang. Tantangan utamanya adalah standarisasi ekstraksi, uji klinis, serta sertifikasi keamanan agar dapat diterima secara luas di pasar global.

#### **D. Kosmetik dan Pewarna Alami**

Selain pangan dan farmasi, rumput laut juga memiliki peran penting dalam industri kosmetik. Pigmen alami seperti fikosianin, fikobiliprotein, dan karotenoid dapat digunakan sebagai pewarna alami sekaligus antioksidan. Ekstrak polisakarida dari rumput laut sering ditambahkan ke dalam produk pelembap, masker wajah, hingga sampo karena kemampuannya menjaga kelembaban dan melindungi kulit dari radikal bebas (Pereira et al., 2013).

Produk kosmetik berbasis rumput laut kini semakin populer, terutama karena konsumen global mulai mencari produk ramah lingkungan, organik, dan berkelanjutan. Negara-negara seperti Korea Selatan dan Jepang telah mengintegrasikan ekstrak rumput laut ke dalam berbagai produk perawatan kulit premium, sementara di Eropa dan Amerika, kosmetik berbasis bahan laut masuk ke segmen produk “*green cosmetics*”.

## E. Prospek dan Tantangan

Meskipun peluang pengembangan produk turunan rumput laut sangat besar, terdapat beberapa tantangan yang perlu diatasi:

- a. Standardisasi mutu – diperlukan standar internasional yang konsisten untuk menjamin keamanan dan efektivitas produk.
- b. Teknologi ekstraksi dan pengolahan – sebagian besar inovasi masih terkendala keterbatasan teknologi lokal.
- c. Akses pasar – penetrasi produk inovatif seperti bioplastik masih bersaing dengan produk konvensional yang lebih murah.
- d. Regulasi dan sertifikasi – produk farmasi dan kosmetik memerlukan uji klinis dan sertifikasi ketat yang memakan waktu dan biaya.

Di sisi lain, dukungan pemerintah melalui program riset, insentif investasi, serta kemitraan dengan industri dapat mendorong percepatan komersialisasi produk turunan rumput laut. Jika dikelola dengan baik, rumput laut tidak hanya menjadi komoditas ekspor mentah, tetapi juga menjadi motor penggerak bioindustri berbasis laut.

## 9.4 Penanganan Hasil Perikanan Lain (Udang, Moluska, Kepiting, dll.)

Selain ikan dan rumput laut, hasil perikanan non-ikan seperti udang, moluska (kerang, tiram, remis), serta kepiting juga memiliki nilai ekonomi yang signifikan. Komoditas tersebut termasuk dalam kategori hasil laut dengan nilai jual tinggi di pasar domestik maupun ekspor. Namun demikian, ketiganya memiliki karakteristik yang sangat rentan terhadap kerusakan pascapanen. Aktivitas enzim, kontaminasi mikroba, serta penurunan kualitas sensoris (warna, bau, tekstur) dapat terjadi dalam hitungan jam jika tidak dilakukan penanganan yang tepat. Oleh sebab itu, aspek penanganan pascapanen menjadi kunci dalam menjaga mutu, keamanan, dan daya saing produk perikanan non-ikan.

### A. Penanganan Udang

Udang merupakan salah satu komoditas ekspor utama Indonesia, dengan permintaan tinggi dari Amerika Serikat, Jepang, dan Uni Eropa. Namun, daging udang sangat mudah mengalami kerusakan akibat aktivitas enzim proteolitik dan pertumbuhan mikroorganisme. Oleh karena itu, pendinginan cepat segera setelah penangkapan atau panen dari tambak sangat penting.

Metode penanganan umum:

- a. Pendinginan *slurry ice* (es cair bercampur air laut) lebih efektif daripada es balok, karena mampu menurunkan suhu tubuh udang lebih cepat dan merata.
- b. Penyimpanan dingin (0–4 °C) diperlukan untuk memperlambat degradasi protein dan lipid.
- c. Pembekuan cepat (*blast freezing* atau IQF – *Individual Quick Freezing*) sering dipilih pada skala industri untuk mempertahankan tekstur dan warna udang.



**Gambar 37. Produk udang hasil IQF**  
(Sumber: lagoonseafood.com & fairprice.com)

Selain faktor suhu, aspek higienitas juga penting. Udang yang bersentuhan dengan air tercemar berisiko membawa bakteri patogen seperti *Vibrio parahaemolyticus* atau *Salmonella*. Oleh karena itu, pengolahan di Unit Pengolahan Ikan (UPI) harus mengikuti standar HACCP (*Hazard Analysis and Critical Control Points*) untuk menjamin keamanan pangan (Nirmal & Benjakul, 2009).

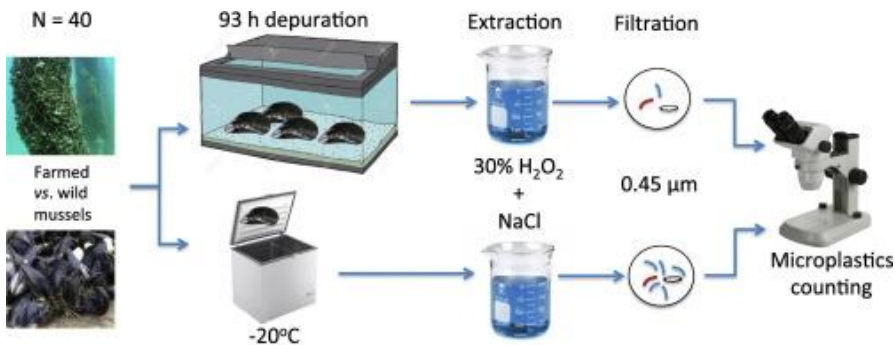
## **B. Penanganan Moluska**

Moluska seperti kerang, tiram, remis, dan simping biasanya dipasarkan dalam kondisi hidup. Hal ini karena kesegaran moluska sangat menentukan cita rasa sekaligus keamanan konsumsi. Tantangan utamanya adalah menjaga kelangsungan hidup hewan selama transportasi.

Beberapa metode penanganan moluska antara lain:

- Transportasi dalam wadah berair dengan sirkulasi oksigen untuk menjaga respirasi.
- Sistem depurasi (*depuration system*), yaitu proses pembersihan moluska hidup dalam tangki berisi air laut bersih yang disaring dan diaerasi, untuk mengurangi kontaminan mikroba maupun logam berat (FAO/WHO, 2021).
- Pendinginan basah (*wet cooling*), di mana moluska disimpan pada suhu rendah dengan kelembaban terjaga, agar tetap hidup lebih lama.

Aspek keamanan pangan sangat krusial. Moluska dikenal sebagai bioindikator kualitas lingkungan karena mampu mengakumulasi logam berat (Hg, Pb, Cd), mikroplastik, maupun mikroorganisme berbahaya. Oleh sebab itu, perdagangan internasional mensyaratkan adanya sertifikasi kualitas air dan hasil monitoring residu sebelum produk diekspor.



**Gambar 38. Sistem depurasi untuk menghilangkan kontaminan moluska**  
(Sumber: Birnstiel *et al.*, 2019)

### C. Penanganan Kepiting

Kepiting bakau (*Scylla spp.*) maupun kepiting rajungan (*Portunus pelagicus*) juga merupakan komoditas penting. Nilai ekonominya tinggi karena daging kepiting dihargai premium di pasar ekspor. Namun, seperti halnya moluska, kepiting sering dipasarkan dalam keadaan hidup untuk mempertahankan mutu optimal.

Prinsip penanganan kepiting hidup antara lain:

- a. Pengikatan capit untuk menghindari kanibalisme dan mengurangi energi yang terbuang akibat pergerakan.
- b. Menjaga kelembaban tubuh dengan serbuk gergaji lembab, kain basah, atau lumut laut agar kepiting tidak mengalami dehidrasi.
- c. Pendinginan bertahap menggunakan suhu rendah (15–20 °C) untuk menurunkan metabolisme dan stres, sehingga memperpanjang umur simpan (Azra & Ikhwanuddin, 2016).

Pada skala industri, kepiting juga dapat diproses dalam bentuk pasta daging, meat lump, atau surimi kepiting yang dibekukan. Produk ini memiliki daya simpan lebih lama serta nilai tambah lebih tinggi, sekaligus mengurangi risiko kehilangan mutu akibat transportasi hidup.



**Gambar 39. Pengikatan capit kepiting**  
(Sumber: [supplierkepitingdanudang.com](http://supplierkepitingdanudang.com))

#### **D. Faktor Penentu Keberhasilan Penanganan**

Secara umum, keberhasilan penanganan hasil perikanan non-ikan dipengaruhi oleh kombinasi faktor berikut:

- a. Suhu – pendinginan cepat merupakan langkah paling kritis untuk memperlambat aktivitas enzim dan pertumbuhan mikroba.
- b. Sanitasi – mulai dari kapal, wadah, hingga pabrik pengolahan harus higienis untuk mencegah kontaminasi silang.
- c. Rantai dingin (*cold chain*) – harus dijaga sejak penangkapan hingga distribusi ke pasar, agar mutu tetap konsisten.
- d. Standar mutu dan keamanan – penerapan HACCP, ISO 22000, serta sertifikasi ekspor menjadi syarat utama di pasar global.

## 9.5 Kesimpulan

Penanganan hasil perikanan pascapanen, baik pada rumput laut maupun komoditas non-ikan seperti udang, moluska, dan kepiting, memiliki peranan vital dalam menjaga mutu, nilai ekonomi, serta keamanan produk. Pada rumput laut, tahapan pascapanen seperti pemanenan, pengeringan, pengemasan, dan penyimpanan berfungsi untuk menekan kadar air serta mencegah pertumbuhan mikroba yang dapat merusak kualitas. Teknologi pengeringan modern seperti *freeze drying* dan *Solar Dryer Dome* juga menjadi solusi dalam meningkatkan efisiensi, menjaga kandungan bioaktif, serta memperluas peluang pengolahan produk turunan bernilai tinggi. Dengan penerapan teknologi ini, rumput laut tidak hanya dipasarkan sebagai bahan mentah, tetapi juga sebagai bahan baku industri pangan, farmasi, dan bioplastik.

Sementara itu, penanganan hasil perikanan lain seperti udang, moluska, dan kepiting lebih berfokus pada pengendalian suhu, sanitasi, serta pengaturan transportasi untuk menjaga kesegaran maupun kelangsungan hidup. Pendinginan cepat, depurasi pada moluska, hingga pengangkutan kepiting dalam kondisi lembab adalah strategi penting untuk mempertahankan mutu. Tantangan yang dihadapi berupa keterbatasan infrastruktur rantai dingin, biaya transportasi tinggi, dan standar mutu ekspor yang ketat. Namun, jika strategi pascapanen dilakukan dengan tepat, kedua kelompok komoditas ini dapat memberikan nilai tambah yang signifikan bagi sektor perikanan Indonesia serta memperkuat daya saing di pasar global.

## DAFTAR PUSTAKA

- Agriculture Organization of the United Nations. 2018. The state of world fisheries and aquaculture. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Agustiono, W., Wahyu, F. M., & Findiastuti, W. 2024. An *Internet of Things*-based solar dryer: A conceptual design for seaweed cultivation in Madura. In BIO Web of Conferences (Vol. 146, p. 01032). EDP Sciences.
- Akande, B., & Diei-Ouadi, Y. 2010. Post-harvest losses in small-scale fisheries. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Alwansyah, A., & Fahrurozi, A. 2024. Implementasi Internet Of Thing (Iot) Sistem Monitoring Kualitas Air Shrimp Farming Vaname Pada Aplikasi Berbasis Android. Jurnal Ilmiah Teknologi dan Rekayasa, 29(1), 71-85.
- Amico, P. D., Nucera, D., Guardone, L., Mariotti, M., Nuvoloni, R., & Armani, A. 2018. Seafood products notifications in the EU Rapid Alert System for Food and Feed (RASFF) database: Data analysis during the period 2011–2015. Food Control, 93, 241-250.
- Arianto, M. F. 2020. Potensi wilayah pesisir di negara Indonesia. Jurnal Geografi, 10(1), 204-215.
- Arvanitoyannis, I. S., & Kassaveti, A. 2008. Fish industry waste: treatments, environmental impacts, current and potential uses. International Journal of Food Science and Technology, 43(4), 726-745.
- Asche, F., & Smith, M. D. 2018. Induced innovation in fisheries and aquaculture. Food Policy, 76, 1-7.

- Ashworth, H., Donohoe, P., & Kibblewhite, B. 2024. Seaweed and the applicability of Freeze drying techniques. *Frontiers in Marine Science*, 11, 1386418.
- Aubourg, S. P., Losada, V., Prado, M., Miranda, J. M., & Barros-Velázquez, J. 2007. Improvement of the commercial quality of chilled Norway lobster (*Nephrops norvegicus*) stored in Slurry Ice: effects of a preliminary treatment with an antimelanosic agent on enzymatic browning. *Food Chemistry*, 103(3), 741-748.
- Aung, M. M., & Chang, Y. S. 2014. Traceability in a food supply chain: Safety and quality perspectives. *Food control*, 39, 172-184.
- Azra, M. N., & Ikhwanuddin, M. 2016. A review of maturation diets for mud crab genus *Scylla* broodstock: Present research, problems and future perspective. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 23(2), 257-267.
- Bagge-Ravn, D., Ng, Y., Hjelm, M., Christiansen, J. N., Johansen, C., & Gram, L. 2003. The microbial ecology of processing equipment in different fish industries—analysis of the microflora during processing and following cleaning and disinfection. *International journal of food microbiology*, 87(3), 239-250.
- Barbier, M., Charrier, B., Araujo, R., Holdt, S., Jacquemin, B., Rebours, C., ... & Wichard, T. 2018. PEGASUS: Phycomorph european guidelines for sustainable aquaculture of seaweeds. Centro Oceanográfico de Santander.
- Belhabib, D., Sumaila, U. R., & Pauly, D. 2015. Feeding the poor: Contribution of West African fisheries to employment and food security. *Ocean & Coastal Management*, 111, 72-81.
- Belhabib, D., Sumaila, U. R., & Pauly, D. 2015. Feeding the poor: Contribution of West African fisheries to employment and food security. *Ocean & Coastal Management*, 111, 72-81.

- Ben-Daya, M., Hassini, E., & Bahroun, Z. 2019. *Internet of Things* and supply chain management: a literature review. *International journal of production research*, 57(15-16), 4719-4742.
- Béné, C., Barange, M., Subasinghe, R., Pistrup-Andersen, P., Merino, G., Hemre, G. I., & Williams, M. 2015. Feeding 9 billion by 2050–Putting fish back on the menu. *Food security*, 7(2), 261-274.
- Berka, R. 1986. The transport of live fish: a review (Vol. 48, pp. 1-52). Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Birnstiel, S., Soares-Gomes, A., & da Gama, B. A. 2019. Depuration reduces microplastic content in wild and farmed mussels. *Marine pollution bulletin*, 140, 241-247.
- Bixler, H. J., & Porse, H. 2011. A decade of change in the seaweed hydrocolloids industry. *Journal of applied Phycology*, 23(3), 321-335.
- Blaha, F., & Katafono, K. 2020. Blockchain application in seafood value chains. *FAO Fisheries and Aquaculture Circular*, (C1207), I-43.
- Bone, Q., & Moore, R. 2008. *Biology of fishes*. Taylor & Francis.
- Borit, M., & Santos, J. 2015. Getting Traceability right, from fish to advanced bio-technological products: a review of legislation. *Journal of Cleaner Production*, 104, 13-22.
- Boyd, C., & McNevin, A. 2014. *Aquaculture, resource use, and the environment*. John Wiley & Sons.
- Boyd, N. S., Wilson, N. D., & Zealand, A. N. 1978. A refrigerated sea water plant for small boats.
- Bremner, H. A. 2002. *Safety and quality issues in fish processing*. Elsevier.

- BSN. 2017. SNI 01-4852-1998: Penanganan Ikan Segar. Badan Standardisasi Nasional.
- Bush, S. R., Toonen, H., Oosterveer, P., & Mol, A. P. 2013. The 'devils triangle' of MSC certification: Balancing credibility, accessibility and continuous improvement. *Marine Policy*, 37, 288-293.
- Calder, P. C. 2015. Marine omega-3 fatty acids and inflammatory processes: Effects, mechanisms and clinical relevance. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-Molecular and Cell Biology of Lipids*, 1851(4), 469-484.
- Cil, A. Y., Abdurahman, D., & Cil, I. 2022. *Internet of Things* enabled real time cold chain monitoring in a container port. *Journal of Shipping and Trade*, 7(1), 9.
- Clucas, I. J., & Ward, A. R. 1996. Post-harvest fisheries development: a guide to handling, preservation, processing and quality (pp. ix+-443).
- Codex, A. (2003). Code of practice for fish and fishery products. CAC/RCP 52. Rome: FAO/WHO.
- DJPDSPKP KKP. Direktorat Jenderal Penguatan Daya Saing Produk Kelautan dan Perikanan Kementerian Kelautan dan Perikanan. 2025. Tentang Stelina. <https://stelina.kkp.go.id/public/tentang> [Diakses 22 Agustus 2025].
- Dunajski, E. 1980. Texture of fish muscle. *Journal of Texture Studies*, 10(4), 301-318.
- Duun, A. S., & Rustad, T. 2007. Quality changes during superchilled storage of cod (*Gadus morhua*) fillets. *Food chemistry*, 105(3), 1067-1075.
- Eliasson, S., Arason, S., Margeirsson, B., Bergsson, A. B., & Palsson, O. P. 2019. The effects of Superchilling on shelf-life and

- quality indicators of whole Atlantic cod and fillets. *LWT*, 100, 426-434.
- Esmizadeh, Y., Bashiri, M., Jahani, H., & Almada-Lobo, B. 2021. Cold chain management in hierarchical operational hub networks. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 147, 102202.
- European Bioplastics. (2022). European Bioplastics collaborates with nova-Institute and Plastics Europe to deliver bioplastics production data for 2022. <https://www.european-bioplastics.org/european-bioplastics-collaborates-with-nova-institute-and-plastics-europe-to-deliver-bioplastics-production-data-for-2022/> [Diakses 25 Agustus 2025]
- FAO. 2021. *World fisheries and aquaculture*. Rome: Food and Agriculture Organization.
- FAO. 2022. *The State of World Fisheries and Aquaculture 2022: Towards Blue Transformation*. Rome: Food and Agriculture Organization.
- Fauzi, A., Widiyanto, T. N., & Hakim, A. R. 2018. Perbedaan Kinerja Chilling Storage pada Kapal Ikan Kapasitas 1.3 Ton Menggunakan Beban Air Tawar Dan Air Garam 3.5. In *Presiding Seminar Nasional Hasil Riset Pengolahan Produk dan Bioteknologi Kelautan dan Perikanan*.
- Fernandes, L., & Tavares, P. B. 2024. A review on solar drying devices: heat transfer, air movement and type of chambers. In *Solar* (Vol. 4, No. 1, pp. 15-42). MDPI.
- Fitton, J. H. 2011. Therapies from fucoidan; multifunctional marine polymers. *Marine drugs*, 9(10), 1731-1760.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2016. *The state of world fisheries and aquaculture 2016. Contributing to food security and nutrition for all*.

- Føre, H. M., Thorvaldsen, T., Osmundsen, T. C., Asche, F., Tveterås, R., Fagertun, J. T., & Bjelland, H. V. 2022. Technological innovations promoting sustainable salmon (*Salmo salar*) aquaculture in Norway. *Aquaculture Reports*, 24, 101115.
- Fortune Business Insight. 2025. Fishing Line Market Size, Share & Industry Analysis, By Raw Material (Polyvinyl Chloride, Nylon, Polyvinylidene Fluoride, Polyethylene, Polyethylene Terephthalate, and Others), By Type (Mono-Filamentous, Braided, and Others), and Regional Forecast, 2024-2032. <https://www.fortunebusinessinsights.com/fishing-line-market-103956> [Diakses 22 Agustus 2025].
- Gabriel, O., Lange, K., Dahm, E., & Wendt, T. (Eds.). 2008. *Von Brandt's fish catching methods of the world*. John Wiley & Sons.
- Gallart-Jornet, L., Rustad, T., Barat, J. M., Fito, P., & Escriche, I. 2007. Effect of superchilled storage on the freshness and salting behaviour of Atlantic salmon (*Salmo salar*) fillets. *Food Chemistry*, 103(4), 1268-1281.
- Ganowiak, Z. M. 2020. Sanitation in marine food industry. In *Seafood*. CRC Press.
- Ghosh, P., Adhikari, U., Ghosal, P. K., Pujol, C. A., Carlucci, M. J., Damonte, E. B., & Ray, B. 2004. In vitro anti-herpetic activity of sulfated polysaccharide fractions from *Caulerpa racemosa*. *Phytochemistry*, 65(23), 3151-3157.
- Gladyshev, M. I., Sushchik, N. N., Gubanenko, G. A., Demirchieva, S. M., & Kalachova, G. S. 2006. Effect of way of cooking on content of essential polyunsaturated fatty acids in muscle tissue of humpback salmon (*Oncorhynchus gorbusha*). *Food chemistry*, 96(3), 446-451.
- Gnaneshwar, G., Qureshi, N. W., Thapa, A., Kumar, G., & Bhat, N. M. 2023. Navigating antimicrobial use in Indian freshwater

- aquaculture: Regulatory frameworks and sustainable alternatives. *Journal of Indian Fisheries Association*, 50(1).
- Gokoglu, N., & Yerlikaya, P. 2015. Seafood chilling, refrigeration and freezing: science and technology. John Wiley & Sons.
- Gonçalves, A. A., & Kaiser, C. 2011. Value-added products from aquaculture: a global trend. *World Aquaculture*, 42(4), 48.
- Gram, L., & Dalgaard, P. 2002. Fish spoilage bacteria—problems and solutions. *Current opinion in biotechnology*, 13(3), 262-266.
- Gram, L., & Huss, H. H. 1996. Microbiological spoilage of fish and fish products. *International journal of food microbiology*, 33(1), 121-137.
- Gürdal, A. A., & Çetinkaya, T. 2024. Advancements in edible films for aquatic product preservation and packaging. *Reviews in Aquaculture*, 16(3), 997-1020.
- Hassan, B., Chatha, S. A. S., Hussain, A. I., Zia, K. M., & Akhtar, N. 2018. Recent advances on polysaccharides, lipids and protein based edible films and coatings: A review. *International journal of biological macromolecules*, 109, 1095-1107.
- Helfman, G. S., Collette, B. B., Facey, D. E., & Bowen, B. W. 2009. The diversity of fishes: biology, evolution, and ecology. John Wiley & Sons.
- Hurtado, A. Q., & Agbayani, R. F. 2002. Deep-sea farming of *Kappaphycus* using the multiple raft, long-line method.
- Huss, H. H. 1995. Quality and quality changes in fresh fish (Vol. 348). Rome, Italy: FAO.
- International Commission on Microbiological Specifications for Foods (ICMSF). 2006. Microorganisms in foods 6: microbial

- ecology of food commodities (Vol. 6). Springer Science & Business Media.
- Islami, A. N., Hasan, Z., & Anna, Z. 2017. Pengaruh Perbedaan Siphonisasi Dan Aerasi Terhadap Kualitas Air, Pertumbuhan, Dan Kelangsungan Hidup Pada Budidaya Ikan Nila (*Oreochromis Niloticus*) Stadia Benih. Jurnal Perikanan Kelautan, 8(1).
- Iswari, M. F., Harini, N., & Winarsih, S. 2019. Kajian Edible Coating Berbasis Pati Singkong Dengan Perbedaan Stabilizer (Alamidan Sintetis) Pada Bakso Ayam. Food Technology and Halal Science Journal, 2(2), 130-140.
- James, S. J., & James, C. J. F. R. I. 2010. The food cold-chain and climate change. Food Research International, 43(7), 1944-1956.
- Jatmiko, I., Setyadji, B., & Novianto, D. 2016. Produksi perikanan tuna hasil tangkapan rawai tuna yang berbasis di Pelabuhan Benoa, Bali. Jurnal Penelitian Perikanan Indonesia, 22(1), 25-32.
- Jouve, J. L. 1998. Principles of food safety legislation. Food Control 9, 75-81.
- Kementerian Kelautan dan Perikanan (KKP). 2023. Statistik Ekspor Perikanan Indonesia 2022. Jakarta: KKP.
- Kementerian Kelautan dan Perikanan Republik Indonesia. 2009. Peraturan Menteri Kelautan dan Perikanan Nomor 1/PERMEN-KP/2009 tentang Usaha Perikanan. Jakarta: KKP.
- Kementrian Kelautan dan Perikanan. 2024. Perhitungan Angka Konsumsi Ikan. Kementerian Kelautan dan Perikanan Republik Indonesia. Jakarta.

- Kouhizadeh, M., & Sarkis, J. 2018. Blockchain practices, potentials, and perspectives in greening supply chains. *Sustainability*, 10(10), 3652.
- Leonard, B. (Ed.). 2011. Fish and fishery products: hazards and controls guidance. DIANE publishing.
- McHugh, D. J. 2003. A guide to the seaweed industry. Rome: FAO.
- Medina, I., Gallardo, J. M., & Aubourg, S. P. 2009. Quality preservation in chilled and frozen fish products by employment of Slurry Ice and natural antioxidants. *International Journal of Food Science and Technology*, 44(8), 1467-1479.
- Mehmood, S., Usman, M., Santika, W. G., & Renaldi, R. 2024. Numerical model of solar-driven *Cold Storage* for small-scale fisheries. *Energy Proceedings*, 38.
- Mozaffarian, D., & Rimm, E. B. 1885. Fish intake, contaminants, and human health. *JAMA* 296, 1899.
- Nagahawatta, D. P., Sanjeewa, K. K., Jayawardena, T. U., Kim, H. S., Yang, H. W., Jiang, Y., ... & Jeon, Y. J. 2021. Drying seaweeds using hybrid hot water Goodle dryer (HHGD): Comparison with freeze-dryer in chemical composition and antioxidant activity. *Fisheries and Aquatic Sciences*, 24(1), 19-31.
- Nagai, T., & Suzuki, N. 2000. Isolation of collagen from fish waste material—skin, bone and fins. *Food chemistry*, 68(3), 277-281.
- Nechaev, V., Mikhailushkin, P., & Alieva, A. 2018. Trends in demand on the organic food market in the European countries. In *MATEC Web of conferences* (Vol. 212, p. 07008). EDP Sciences.
- Nirmal, N. P., & Benjakul, S. 2009. Effect of ferulic acid on inhibition of polyphenoloxidase and quality changes of

- Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) during iced storage. *Food chemistry*, 116(1), 323-331.
- Norita, N., Nurilmala, M., & Abdullah, A. 2019. Kualitas ikan tongkol abu-abu (*Thunnus tonggol*) pada kondisi penyimpanan berbeda. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 22(3), 490-497.
- Ntzimani, A., Angelakopoulos, R., Semenoglou, I., Dermesonlouoglou, E., Tsironi, T., Moutou, K., & Taoukis, P. 2023. Slurry Ice as an alternative cooling medium for fish harvesting and transportation: Study of the effect on seabass flesh quality and shelf life. *Aquaculture and Fisheries*, 8(4), 385-392.
- Nurdin, W. N., Sari, K., & Mahmud, A. N. 2022. Sintesis bioplastik dari rumput laut *Eucheuma cottonii* di Kota Kupang. *Jurnal Aquatik*, 5(2), 205-216.
- Oehlerschläger, J. 2012. Seafood: nutritional benefits and risk aspects. *International journal for vitamin and nutrition research*, 82(3), 168-176.
- Ojagh, S. M., Rezaei, M., Razavi, S. H., & Hosseini, S. M. H. 2010. Effect of chitosan coatings enriched with cinnamon oil on the quality of refrigerated rainbow trout. *Food chemistry*, 120(1), 193-198.
- Okocha, R. C., Olatoye, I. O., & Adedeji, O. B. 2018. Food safety impacts of antimicrobial use and their residues in aquaculture. *Public health reviews*, 39(1), 21.
- Olafsdottir, G., Lauzon, H. L., Martinsdóttir, E., Oehlerschláuger, J., & Kristbergsson, K. 2006. Evaluation of shelf life of superchilled cod (*Gadus morhua*) fillets and the influence of temperature fluctuations during storage on microbial and chemical quality indicators. *Journal of food science*, 71(2), S97-S109.

- Otieno, H. O., & Awange, J. L. 2006. Energy resources in East Africa: Opportunities and challenges.
- Pereira, L., Gheda, S. F., & Ribeiro-Claro, P. J. 2013. Analysis by vibrational spectroscopy of seaweed polysaccharides with potential use in food, pharmaceutical, and cosmetic industries. *International Journal of Carbohydrate Chemistry*, 2013(1), 537202.
- Peris, M., & Escuder-Gilabert, L. 2009. A 21st century technique for food control: Electronic noses. *Analytica chimica acta*, 638(1), 1-15.
- Pigott, G. M., & Tucker, B. 2017. *Seafood: effects of technology on nutrition*. CRC press.
- Prapti, D. R., Mohamed Shariff, A. R., Che Man, H., Ramli, N. M., Perumal, T., & Shariff, M. 2022. *Internet of Things (IoT)-based aquaculture: An overview of IoT application on water quality monitoring*. *Reviews in Aquaculture*, 14(2), 979-992.
- Ratti, C. 2001. Hot air and freeze-drying of high-value foods: a review. *Journal of food engineering*, 49(4), 311-319.
- Rizwan, T., Nourra Mahya, D., Rizqi, R., Setiawan, I., El Rahimi, S. A., Thaib, R., & Arif, M. 2024. Economic Comparison of Wood and Fiberglass Fishing Vessels Produced in Traditional Yards. *Transactions on Maritime Science*, 13(1).
- Ross, L. G., & Ross, B. 2009. *Anaesthetic and sedative techniques for aquatic animals*. John Wiley & Sons.
- Saeed, R., Feng, H., Wang, X., Zhang, X., & Fu, Z. 2022. Fish quality evaluation by sensor and Machine Learning: A mechanistic review. *Food Control*, 137, 108902.
- Sáez, M. I., Suárez, M. D., & Martínez, T. F. 2020. Effects of alginate coating enriched with tannins on shelf life of cultured rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fillets. *Lwt*, 118, 108767.

- Sampaio, F. D., & Freire, C. A. 2016. An overview of stress physiology of fish transport: changes in water quality as a function of transport duration. *Fish and fisheries*, 17(4), 1055-1072.
- Setiawan, E. A., Thalib, H., & Maarif, S. 2021. Techno-economic analysis of solar photovoltaic system for fishery *Cold Storage* based on ownership models and regulatory boundaries in indonesia. *Processes*, 9(11), 1973.
- Shahbaz Akhtar, M., Pal, A. K., Sahu, N. P., Alexander, C., Gupta, S. K., Choudhary, A. K., ... & Rajan, M. G. 2010. Stress mitigating and immunomodulatory effect of dietary pyridoxine in *Labeo rohita* (Hamilton) fingerlings. *Aquaculture Research*, 41(7), 991-1002.
- Sikorski, Z. E., & Kolakowska, A. 1990. *Seafood: Resources, nutritional composition, and preservation* (Vol. 1). Boca Raton, FL: CRC press.
- Suwetja, I. K. 2011. *Biokimia hasil perikanan*. Media Prima Aksara. Jakarta.
- Tian, F. 2016. An agri-food supply chain Traceability System for China based on RFID & Blockchain technology. In 2016 13th international conference on service systems and service management (ICSSSM) (pp. 1-6). IEEE.
- United Nations Environment Programme. 2021. *Drowning in Plastics – Marine Litter and Plastic Waste Vital Graphics*.
- Velasquez, G. T. 1953. Seaweed resources of the Philippines. In *First Int. Seaw. Symp. Edinburgh*.
- Whittle, K. 1990. Chilled fish and fishery products. *Chilled foods: The state of the art*.
- Winquist, F. 2008. Voltammetric electronic tongues–basic principles and applications. *Microchimica Acta*, 163(1), 3-10.

- World Health Organization. (2020). Code of practice for fish and fishery products. World Health Organization.
- World Health Organization. 2021. Technical guidance for the development of the growing area aspects of bivalve mollusc sanitation programmes. Food & Agriculture Org..
- WWF Indonesia. 2020. Blockchain technology to enhance Traceability in tuna supply chain in Indonesia.
- Yang, X., Zhang, S., Liu, J., Gao, Q., Dong, S., & Zhou, C. 2021. Deep learning for smart fish farming: applications, opportunities and challenges. *Reviews in Aquaculture*, 13(1), 66-90.
- Yu, D., Regenstein, J. M., & Xia, W. 2019. Bio-based Edible Coatings for the preservation of fishery products: A review. *Critical reviews in food science and nutrition*, 59(15), 2481-2493.
- Yu, H. D., Qing, L. W., Yan, D. T., Xia, G., Zhang, C., Yun, Y. H., & Zhang, W. 2021. Hyperspectral imaging in combination with data fusion for rapid evaluation of tilapia fillet freshness. *Food Chemistry*, 348, 129129.
- Zaccone, G., Lauriano, E. R., Capillo, G., & Kuciel, M. 2018. Air-breathing in fish: Air-breathing organs and control of respiration: Nerves and neurotransmitters in the air-breathing organs and the skin. *Acta Histochemica*, 120(7), 630-641.
- Zhai, Z., Liu, Y., Li, C., Wang, D., & Wu, H. 2024. Electronic noses: From gas-sensitive components and practical applications to data processing. *Sensors*, 24(15), 4806.

## INDEKS

### A

Autolisis, 42, 43

### B

Bioplastik, 157, 183

*Blockchain*, iv, 8, 66, 76, 79, 168, 174, 178

### C

Cold Chain System, iv, 8, 74

### D

Distribusi Ikan, v, 118, 121

### E

*Edible Coating*, iv, 82, 173

### F

*Freeze drying*, x, 152, 154

### G

Glikogen, 27, 28, 30, 41

*Good Manufacturing Practices (GMP)*, iv, 55, 56, 58, 60, 117, 150

### H

HACCP (*Hazard Analysis Critical Control Point*), 59

Hidrokoloid, 156

### I

IoT (*Internet of Things*), 76, 131

## K

Karaginan, 154, 156

## M

Moluska, vi, 160, 161, 162

Mutu Ikan, iii, 45, 46, 48

## O

Organoleptik, iii, 21

## P

Pascapanen, 27, 31, 51

Pengemasan, 117, 149

*Post Mortem*, iii, 37, 39

## R

Rantai Dingin, iv, 74, 76, 78, 118

Refrigerasi, iv, 71

*Rigor Mortis*, 38

Rumput Laut, vi, 145, 155, 157

## S

Sanitasi, v, 53, 58, 98, 100, 101, 104, 164

Sensor, iii, 45, 46, 48, 65, 76, 119, 126, 131, 143

*Slurry Ice*, iv, 7, 72

*Smart Cold Storage*, v, 118, 119

*Superchilling*, iv, 6, 73, 97

Surimi, 34

## T

Tempat Pendaratan Ikan (TPI), v, 107, 120

*Traceability*, iv, 8, 32, 34, 59, 63, 66, 167

## U

Udang, vi, 160, 161

Urea, 27, 28, 30, 42

**V**

Vibrio, 22, 53, 104, 114, 117, 161

## GLOSARIUM

**Aerasi:** Proses pemberian oksigen ke dalam air, penting dalam transportasi ikan hidup agar tetap segar.

**Alginat:** Polisakarida dari rumput laut cokelat yang banyak digunakan dalam industri makanan, farmasi, dan bioteknologi.

**Ammonia:** Senyawa hasil metabolisme protein pada ikan yang jika menumpuk dapat memengaruhi kualitas air dalam transportasi sistem basah.

**Antimikroba alami:** Senyawa bioaktif dari bahan alami (misalnya ekstrak rumput laut) yang dapat menghambat pertumbuhan bakteri.

**ATP (Adenosin Tri Phosphate):** Molekul penyimpan energi pada otot ikan yang cepat menurun setelah kematian, memicu proses *rigor mortis*.

**Asepsis:** Kondisi atau tindakan bebas dari mikroorganisme, penting dalam penanganan hasil perikanan.

**Bakteri Asam Laktat (BAL):** Mikroorganisme yang dapat digunakan sebagai biopreservatif alami untuk memperpanjang umur simpan ikan.

**Biodegradable Packaging:** Kemasan ramah lingkungan yang dapat terurai secara alami, sering dikembangkan dari rumput laut.

**Bioluminesensi:** Kemampuan beberapa organisme laut, termasuk bakteri, memancarkan cahaya; sering digunakan sebagai indikator kesegaran ikan.

**Bioplastik:** Plastik berbahan dasar biomassa (misalnya pati, rumput laut) yang menjadi alternatif plastik sintetis.

**Blockchain:** Teknologi digital untuk menjamin ketertelusuran (*traceability*) produk perikanan sepanjang rantai pasok.

**Chilling:** Proses pendinginan ikan hingga mendekati 0 °C tanpa membekukannya, untuk memperlambat kerusakan.

**Chitosan:** Senyawa hasil deasetilasi kitin (kulit udang/kepiting) dengan aplikasi luas sebagai pengawet alami dan *Edible Coating*.

**Cold Chain:** Sistem rantai dingin yang menjaga mutu ikan dari pascatangkap hingga konsumen akhir.

**Cryoprotectant:** Senyawa yang ditambahkan dalam produk beku untuk melindungi protein dari kerusakan selama pembekuan.

**Depurasi:** Proses pembersihan moluska hidup dalam air bersih untuk mengurangi kontaminan.

**Distribusi:** Rangkaian kegiatan penyaluran hasil perikanan dari produsen ke konsumen.

**DNA Barcoding:** Teknologi identifikasi spesies ikan menggunakan penanda genetik, penting untuk keamanan pangan.

**Edible Coating:** Lapisan tipis yang dapat dimakan untuk melindungi ikan dari oksidasi dan kontaminasi.

**Enzim Proteolitik:** Enzim yang memecah protein menjadi peptida dan asam amino, memengaruhi pembusukan ikan.

**Eviscerasi:** Proses pengeluaran isi perut ikan untuk mencegah kerusakan mikrobiologis.

**FAO (Food and Agriculture Organization):** Lembaga PBB yang menetapkan standar global keamanan pangan, termasuk hasil perikanan.

**Fermentasi:** Proses pengolahan ikan dengan bantuan mikroba, menghasilkan produk seperti ikan asin atau terasi.

**Fillet:** Potongan daging ikan tanpa tulang, membutuhkan penanganan higienis untuk menjaga mutu.

**Freeze drying:** Pengeringan beku menggunakan sublimasi sehingga mutu nutrisi dan warna produk tetap terjaga.

**Gamma Irradiation:** Teknologi iradiasi untuk memperpanjang umur simpan ikan dengan menghambat pertumbuhan mikroba.

**Good Manufacturing Practices (GMP):** Pedoman praktik produksi yang baik untuk menjamin keamanan pangan.

**Glikogen:** Cadangan energi otot ikan yang berperan dalam pembentukan asam laktat saat *Post Mortem*.

**HACCP (Hazard Analysis Critical Control Point):** Sistem jaminan mutu dengan mengidentifikasi titik kendali kritis dalam proses produksi.

**Hidrokolloid:** Polisakarida hidrofilik dari rumput laut (agar, alginat, karaginan) yang digunakan sebagai pengental, penstabil, dan pengikat.

**Histamin:** Senyawa biogenik hasil dekarboksilasi histidin pada ikan scombroid yang dapat menyebabkan keracunan pangan.

**IoT (*Internet of Things*):** Teknologi berbasis sensor untuk monitoring suhu, kelembaban, dan kualitas ikan sepanjang rantai pasok.

**Ikan Segar:** Ikan yang masih memiliki karakteristik organoleptik alami, seperti mata jernih, insang merah segar, dan daging elastis.

**Karaginan:** Hidrokolloid dari rumput laut merah, digunakan sebagai bahan tambahan pangan.

**Kitosan:** Polimer alami hasil deasetilasi kitin, berfungsi sebagai pelapis anti bakteri dan anti oksidasi.

**Kontaminasi Silang:** Perpindahan mikroba berbahaya dari produk atau peralatan lain ke ikan segar.

**Kriopreservasi:** Penyimpanan sel atau jaringan pada suhu sangat rendah dengan bantuan krioprotektan.

**Liofilisasi:** Istilah lain dari *Freeze drying*, teknik pengeringan dengan sublimasi es.

**Logistik Perikanan:** Sistem transportasi dan distribusi hasil perikanan agar tetap terjaga mutunya.

**Mikrobiota Laut:** Komunitas mikroorganisme yang hidup di lingkungan laut, berpengaruh terhadap keamanan pangan.

**Moluska:** Kelompok hewan invertebrata laut seperti kerang, tiram, dan cumi-cumi.

**Mutu Ikan:** Tingkat kualitas ikan yang ditentukan oleh parameter sensoris, kimia, dan mikrobiologis.

**Nutraseutikal:** Produk berbasis hasil perikanan yang tidak hanya bergizi tetapi juga bermanfaat bagi kesehatan.

**Oksidasi Lipid:** Proses kerusakan lemak pada ikan yang menghasilkan bau tengik.

**Organoleptik:** Penilaian mutu ikan menggunakan pancaindra (penglihatan, penciuman, perabaan, pengecapan).

**Pasteurisasi:** Proses pemanasan ringan untuk membunuh sebagian besar mikroba patogen pada ikan.

**Pengemasan Aktif:** Teknologi kemasan yang mengandung komponen aktif (antimikroba, antioksidan) untuk memperpanjang umur simpan.

**Pengolahan Primer:** Tahap awal pengolahan ikan, termasuk pencucian, penyiangan, dan pendinginan.

**Post Mortem:** Periode setelah ikan mati dengan perubahan biokimia seperti *rigor mortis*.

**Pascapanen:** Seluruh kegiatan setelah ikan ditangkap hingga dipasarkan atau dikonsumsi.

**Rantai Dingin:** Sistem pengendalian suhu rendah sepanjang rantai distribusi ikan.

**Refrigerasi:** Sistem pendinginan buatan untuk memperlambat kerusakan produk perikanan.

**Rigor mortis:** Tahap kekakuan otot setelah kematian ikan akibat habisnya ATP.

**Rumput Laut:** Komoditas penting perikanan yang digunakan dalam pangan, farmasi, dan bioteknologi.

**Sanitasi:** Proses menjaga kebersihan pekerja, peralatan, dan fasilitas dalam penanganan ikan.

**Sensor Elektronik:** Alat berbasis teknologi digital yang digunakan untuk mendeteksi mutu ikan.

**Slurry Ice:** Teknologi pendinginan menggunakan campuran es serut dan air garam yang fleksibel menyelimuti ikan.

**Smart Cold Storage:** Sistem penyimpanan ikan berbasis IoT yang dapat memantau suhu dan kelembaban secara real-time.

**Superchilling:** Teknologi penyimpanan di bawah titik beku air namun tidak membekukan ikan sepenuhnya.

**Surimi:** Produk olahan dari daging ikan lumat yang dicuci untuk menghasilkan protein fungsional.

**Tempat Pendaratan Ikan (TPI):** Lokasi fasilitas darat tempat hasil tangkapan dibongkar dan didistribusikan.

**Traceability:** Sistem ketertelusuran produk dari hulu ke hilir untuk menjamin mutu dan keamanan pangan.

**Transportasi Sistem Basah:** Pengangkutan ikan hidup menggunakan media air atau oksigenasi.

**Transportasi Sistem Kering:** Pengangkutan ikan segar dengan media pendingin seperti es tanpa air.

**Udang:** Komoditas perikanan bernilai tinggi yang sangat sensitif terhadap suhu penyimpanan.

**Urea:** Senyawa metabolit yang dapat berkontribusi pada bau menyengat pada ikan laut tertentu.

**Value Added Product:** Produk perikanan olahan dengan nilai tambah lebih tinggi dibandingkan bentuk mentah.

**Vibrio:** Genus bakteri laut yang dapat mencemari hasil perikanan dan menyebabkan penyakit pada manusia.

***Water Holding Capacity (WHC)*:** Kemampuan daging ikan menahan air, menjadi indikator mutu ikan segar maupun olahan.

***Zero Waste Processing*:** Konsep pengolahan hasil perikanan dengan memanfaatkan semua bagian sehingga tidak ada limbah terbuang.

## BIODATA PENULIS



**Yohanes Harvinda, S.Pi., M.Sc.**

Dosen Program Studi S1 Ilmu Kelautan  
Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan  
Universitas Jenderal Soedirman

Lahir di Pangkalan Bun, 26 September 1999. Penulis menempuh pendidikan sarjana di Prodi Teknologi Hasil Perikanan, Universitas Gadjah Mada, dan lulus pada tahun 2021. Melanjutkan studi di bidang yang sama di Prodi Magister Ilmu Perikanan Universitas Gadjah Mada dan lulus pada tahun 2022, dengan tesis tentang produksi, pemurnian, dan karakterisasi enzim kitinase dari *Micromonospora* sp. AR17. Pada jenjang magister ini, ia lulus *cumlaude* dan meraih predikat Wisudawan Terbaik Fakultas Pertanian.

Sejak tahun 2025, penulis berkarier sebagai Dosen di Program Studi Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Jenderal Soedirman (UNSOED) Purwokerto. Bidang keilmuan yang digeluti meliputi pengolahan hasil perikanan, bioteknologi kelautan, mikrobiologi pangan laut, serta inovasi berbasis sumber daya hayati pesisir.

Selain mengajar dan meneliti, penulis juga aktif dalam kegiatan pengabdian masyarakat, khususnya pada isu-isu ketahanan pangan laut, pengembangan UMKM berbasis perikanan, dan

pemberdayaan masyarakat pesisir melalui diversifikasi produk hasil perikanan.

Minat riset saat ini meliputi:

- ✓ Bioplastik biodegradable berbasis sumber daya laut,
- ✓ Bioteknologi mikroba untuk pangan fungsional, dan
- ✓ Pengembangan model bisnis berbasis hasil perikanan yang ramah lingkungan.

Dengan latar belakang akademik, pengalaman profesional, dan komitmen pada pengembangan ilmu pengetahuan, penulis terus berupaya memberikan kontribusi nyata bagi sektor perikanan dan kelautan Indonesia, baik melalui pendidikan, penelitian, maupun pengabdian masyarakat.

Penulis dapat dihubungi melalui

e-mail : yohanes.harvinda@unsoed.ac.id

LinkedIn : Yohanes Harvinda

Instagram : yohanesharvinda\_

## BIODATA PENULIS



**Diah Puspitasari, S.Pi., M.Sc**

Dosen Program Studi S1 Gizi  
Fakultas Ilmu Kesehatan  
Universitas 'Aisyiyah Yogyakarta

Lahir di Lampung, 23 Maret 1999. Latar belakang Pendidikan penulis yaitu Sarjana Teknologi Hasil Perikanan, Universitas Gadjah Mada dan lulus pada tahun 2021. Penulis melanjutkan studi Magister Ilmu dan Teknologi Pangan, Universitas Gadjah Mada dan *melakukan student exchange* di Universidad de Cadiz pada tahun 2023, serta lulus magister pada tahun 2024. Sejak tahun 2024, penulis memulai karir menjadi Dosen di Program Studi S1 Gizi Universitas 'Aisyiyah Yogyakarta.

Selain mengajar, penulis juga aktif dalam bidang penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat yang berfokus pada berbagai macam masalah pangan dan gizi masyarakat dengan fokus pada pengembangan produk pangan fungsional, keamanan pangan, *analytical method*, Bioteknologi Pangan dan Aplikasi Bahan Alam serta Pemanfaatan Pangan Lokal untuk Peningkatan Gizi Masyarakat. Selain itu, penulis juga aktif sebagai verifikator dan

pendamping proses produk halal di Unit Halal Center Universitas 'Aisyiyah Yogyakarta.

Minat riset saat ini meliputi:

- 1) Pengembangan Produk Pangan Fungsional dan Kesehatan Masyarakat
- 2) *Analytical Method*
- 3) Literasi Halal dan Kepatuhan Standar Halal dalam Pangan
- 4) Pengembangan Pangan Berbasis Lokal untuk Ketahanan Pangan
- 5) Keamanan Pangan

Dengan latar belakang akademik, pengalaman profesional, dan komitmen pada pengembangan ilmu pengetahuan pangan dan gizi, penulis terus berupaya memberikan kontribusi dalam berbagai sektor seperti pertanian, perikanan dan gizi baik melalui pendidikan, penelitian, maupun pengabdian.

Penulis bisa dihubungi melalui:

Email : diahpuspitasari@unisayogya.ac.id

LinkedIn : Diah Puspitasari

Instagram : diahpuspitasariiii

## BIODATA PENULIS



Novia Nurul Afiah., S.Pi., M.Si

Dosen Program Studi Manajemen Sumberdaya Perairan  
Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Jenderal  
Soedirman

Penulis lahir di Purwakarta, 28 November 1993. Penulis memulai karir sebagai dosen swasta pada tahun 2023 di Program Studi Perikanan Tangkap Politeknik Kepulauan Simeuelu, kemudian melanjutkan karir menjadi Dosen tetap di sebuah Perguruan Tinggi Negeri (PTN) di program studi Manajemen Sumberdaya Perairan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Jenderal Soedirman Purwokerto, Latar Belakang Pendidikan S1 pada bidang ilmu Pemanfaatan Sumberdaya Perikanan yang ditempuh pada tahun 2011 di Universitas Brawijaya, Malang. Melanjutkan Pendidikan S2 pada bidang Teknologi Perikanan Laut pada tahun 2016 di Institut Pertanian Bogor. Penulis aktif pada kepenulisan artikel ilmiah diantaranya Pengaruh rantai distribusi dan kualitas ikan Tongkol (*Euthynnus sp.*) dari PPP Blanakan Selama Pendistribusian ke Daerah Konsumen pada

Jurnal Sosial Ekonomi Kelautan dan Perikanan 14 (2), 225-237. Pendistribusian dan mutu ikan tenggiri dari pelabuhan perikanan blanakan ke pasar ikan Jurnal pada Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia 22 (3), 433-440. Analisis Studi Produktivitas Alat Tangkap Pancing di PPP Blanakan Subang pada Jurnal Miyang: Ronggolawe Fisheries and Marine Science Journal 4 (2), 50-54. komoditi Hasil Tangkapan Utama (Main Catch) Dan Tangkapan Sampingan (Bycatch) Pada Alat Tangkap Pukat Cincin (Purse Seine) Di PPS Kutaraja Lampulo pada TAPIAN NAULI: Jurnal Penelitian Terapan Perikanan dan Kelautan 6 (1), 53-57. Analisis Perikanan Kembung di Pelabuhan Perikanan Pantai Lempasing Menggunakan Model Walter-Hilborn pada Jurnal Sains dan Teknologi Perikanan 4 (1), 93-102. Adapun karya buku yang telah ditulis yang berjudul Kontruksi Kapal, Pengelolaan Sumberdaya Pesisir Laut, Teknologi Penangkapan Ikan Berkelanjutan, Membumikan Empat Konsesus Dasar Pancasila, Ikan Nila Dan Pencemaran Logam Berat : Uraian Hematologi dan Histopatologi Ikan di Perairan Sungai, Ekologi Ikan, Ilmu Pelayaran Astronomi.

## BIODATA PENULIS



**Dosen program studi manajemen sumberdaya perairan  
Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan  
Universitas Maritim Raja Ali Haji**

Lahir di Karang Baru, 01 Mei 1994. Penulis menempuh pendidikan strata-1 di Universitas Syiah Kuala, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Program studi Pendidikan Biologi (2016), melanjutkan pendidikan Strata-2 di Universitas Gadjah Mada, Fakultas Pertanian, Program studi Ilmu Perikanan (2022) dengan konsentrasi keilmuan indikator kualitas air dan produktivitas perairan.

Penulis memiliki pengalaman dalam pengajaran dan penelitian di bidang manajemen sumberdaya perairan, khususnya yang berfokus pada analisis kualitas air, produktivitas perairan, serta keterkaitannya dengan dinamika ekosistem akuatik. Aktif melaksanakan kegiatan Tri Dharma Perguruan Tinggi, meliputi pendidikan, penelitian, dan pengabdian kepada masyarakat, terutama dalam kajian ilmiah yang relevan dengan pengelolaan kualitas perairan dan peningkatan produktivitas ekosistem akuatik.

### **Bidang Minat Penelitian:**

- Kualitas dan produktivitas perairan
- Indikator biologis perairan
- Ekologi dan manajemen sumberdaya perairan

Sebagai seorang akademisi yang aktif dalam kegiatan Tri Dharma Perguruan Tinggi, penulis berkomitmen untuk terus mengembangkan keilmuan di bidang indikator kualitas air dan produktivitas perairan. Melalui kegiatan penelitian, publikasi ilmiah, serta pengabdian kepada masyarakat, penulis berupaya memberikan kontribusi nyata terhadap pengelolaan sumberdaya perairan yang berkelanjutan dan peningkatan pemahaman masyarakat terhadap pentingnya menjaga ekosistem perairan.

Penulis dapat dihubungi melalui:

Email : karlaamelia@umrah.ac.id  
Linkedin : Karla Amelia  
Instagram : Karlaamelia

## SINOPSIS BUKU

Buku ini menghadirkan pembahasan menyeluruh tentang **penanganan hasil perikanan dan kelautan pascapanen**, dirancang untuk menjadi referensi utama bagi mahasiswa, dosen, peneliti, pelaku usaha, serta pengambil kebijakan. Disusun dalam sembilan bab, buku ini mengupas mulai dari prinsip dasar penanganan ikan di atas kapal, teknologi pendinginan modern, sistem digitalisasi rantai pasok, hingga inovasi pengemasan aktif dan *edible coating*. Tidak hanya itu, buku ini juga membahas manajemen di tempat pendaratan ikan (TPI), strategi transportasi segar baik dengan sistem kering maupun basah,

hingga pengangkutan dalam sistem tertutup dan terbuka yang sesuai standar mutu internasional.

Lebih jauh, pembaca akan diajak memahami praktik terbaik dalam penanganan komoditas strategis seperti rumput laut, udang, moluska, dan kepiting, dengan penekanan pada teknologi pengeringan modern (*freeze drying* dan *solar dryer dome*) serta pengembangan produk turunan bernilai ekonomi tinggi seperti bioplastik, hidrokoloid, dan bahan farmasi. Setiap bab dirancang untuk menjawab tantangan industri perikanan global, dengan kombinasi antara teori akademik, hasil riset terkini, dan rekomendasi aplikatif di lapangan. Dengan gaya penyampaian yang sistematis namun komunikatif, buku ini tidak hanya memperkaya wawasan akademis, tetapi juga menawarkan **solusi inovatif** bagi pengembangan perikanan berkelanjutan.