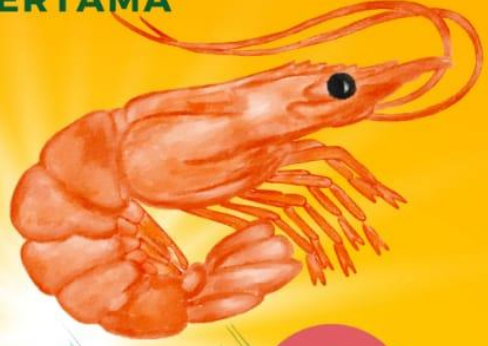


EDISI PERTAMA

ISBN: 978-623-6464-74-8  
e-ISBN:978-623-6464-75-(PDF)

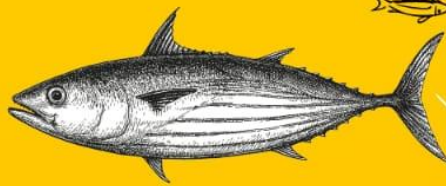
# Teknologi dan Nutrisi Hasil Laut



Sumartini, M.Sc

Radipta lailatussifa M.Sc

Ayu Rizki Amalia, M.Si



AMaFRAd  PRESS



# **Teknologi dan Nutrisi Hasil Laut**

---

©Hak cipta dilindungi Undang-undang nomor 28 Tahun 2014.

All Rights Reserved

---

# Teknologi dan Nutrisi Hasil Laut

## Penyusun:

Sumartini, M. Sc

Radipta Lailatussifa, M. Sc

Ayu Rizki Amalia, M. Si

AMaFRaD  PRESS

# **Teknologi dan Nutrisi Hasil Laut**

Penyusun:

Sumartini, M. Sc

Radipta Lailatussifa, M. Sc

Ayu Rizki Amalia, M. Si

Desainer Sampul:

Sumartini, M. Sc

Halaman: xvi + 361 halaman

*Edisi /Cetakan:*

Cetakan Pertama, 2023

Diterbitkan oleh:

AMAFRAD Press

Badan Penyuluhan dan Pengembangan Sumber Daya Manusia

Kelautan dan Perikanan

Gedung Mina Bahari III, Lantai 6, Jl Medan Merdeka Timur No.16,

Jakarta Pusat 10110

Telp (021) 3513300 Fax: (021) 3513287

Email: amafradpress@gmail.com

Nomor IKAPI: 501/DKI/2015

p-ISBN: 978-623-6464-74-8

e-ISBN: 978-623-6464-75-5 (PDF)

**Hak Penerbitan © AMAFRAD Press**



## KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya kepada kami sehingga dapat terselesaikannya buku berjudul “Teknologi dan Nutrisi Pangan Laut”. Tujuan penulisan buku ini adalah untuk memberikan pembaca pengetahuan dalam pengolahan makanan laut, desain proses dan diversifikasi, serta pemahaman tentang aspek nutrisinya. Selain itu, karya referensi ini juga bertujuan untuk memberikan informasi kepada para pengolah ikan tingkat UPI, UMKM dan civitas akademika. Kami mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah berkontribusi hingga terselesaikannya buku ini. Kami memahami bahwa buku yang kami tulis ini jauh dari sempurna. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat kami harapkan demi penyempurnaan buku ini.

Dumai, November 2023

Penulis





# DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR .....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xviii
<b>1. VITAMIN DAN MINERAL .....</b>	<b>1</b>
<b>1.1. Vitamin Larut Lemak.....</b>	<b>4</b>
<b>1.2. Vitamin Larut Air.....</b>	<b>24</b>
<b>1.3. Mineral.....</b>	<b>62</b>
<b>2. NUTRISI HASIL LAUT (SEAFOOD) .....</b>	<b>81</b>
<b>2.1. Nutrisi Ikan Segar.....</b>	<b>81</b>
<b>2.2. Nutrisi Udang dan Kerang-Kerangan.....</b>	<b>126</b>
<b>2.3. Nutrisi Rumput Laut .....</b>	<b>132</b>
<b>2.4. Nutrisi Cumi-Cumi .....</b>	<b>140</b>
<b>3. BIODIVERSITAS IKAN SEGAR.....</b>	<b>145</b>
<b>3.1 Komposisi Kimia Ikan Segar .....</b>	<b>145</b>
<b>3.2 Konstituen kecil dari otot ikan .....</b>	<b>150</b>
<b>3.3 Faktor-faktor yang mempengaruhi nilai gizi pada ikan .....</b>	<b>152</b>
<b>3.4 Kerusakan ikan segar .....</b>	<b>154</b>
<b>3.5 Mekanisme pembusukan ikan .....</b>	<b>155</b>
<b>3.6 Teknik pengawetan ikan .....</b>	<b>162</b>
<b>3.7 Parameter Kerusakan Daging Ikan .....</b>	<b>202</b>
<b>4. PRODUK FERMENTASI PERIKANAN .....</b>	<b>225</b>
<b>4.1 Terasi.....</b>	<b>225</b>
<b>4.2 Kecap Ikan.....</b>	<b>232</b>
<b>4.3 Bekasam.....</b>	<b>233</b>

4.4 Ikan Peda.....	234
4.5 Gravalax.....	235
4.6 Nata de Seaweed.....	240
<b>5. PRODUK PERIKANAN TRADISONAL.....</b>	<b>243</b>
5.1. Ikan Asin.....	243
5.2. Ikan Asap.....	251
5.3. Ikan Pindang.....	259
<b>6. PRODUK PERIKANAN MODERN.....</b>	<b>265</b>
6.1 Ikan Kaleng.....	265
6.2 Ikan Beku.....	280
6.3 Value Added Product.....	281
<b>7. PRODUK PERIKANAN NON KONSUMSI.....</b>	<b>313</b>
7.1. Sabun.....	313
7.2. Masker.....	318
7.3. Shampoo.....	319
7.4 Kerajinan.....	321
<b>GLOSARIUM.....</b>	<b>327</b>
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>331</b>
<b>PROFIL PENULIS.....</b>	<b>362</b>

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1.1 Penggolongan Vitamin dan Mineral .....	1
Gambar 1.2 Klasifikasi Vitamin .....	2
Gambar 1.3 Manfaat Vitamin bagi Kesehatan.....	3
Gambar 1.4 Sumber Makanan yang Mengandung Vitamin A .....	5
Gambar 1.5 Struktur Kimia Vitamin A.....	5
Gambar 1.6 Sumber Makanan yang Mengandung Vitamin D .....	9
Gambar 1.7 Sumber Kimia Vitamin D .....	10
Gambar 1.8 Metabolisme dan Penyerapan Vitamin D .....	11
Gambar 1.9 Sumber Makanan Mengandung Vitamin E.....	14
Gambar 1.10 Struktur Kimia Vitamin E.....	14
Gambar 1.11 Sumber Makanan yang Mengandung Vitamin K .....	18
Gambar 1.12 Struktur Kimia Vitamin K.....	19
Gambar 1.13 Mekanisme Penyerapan Vitamin K. ....	20
Gambar 1.14 Jenis-Jenis Vitamin B.....	25
Gambar 1.15 Sumber Makanan Mengandung Vitamin C .....	27
Gambar 1.16 Struktur Kimia Vitamin C.....	27
Gambar 1.17 Jenis-Jenis Vitamin Larut Air .....	30
Gambar 1.18 Sumber Makanan yang Mengandung Vitamin B1.....	31
Gambar 1.19 Struktur Kimia Vitamin B1 .....	31
Gambar 1.20 Mekanisme Vitamin B1 .....	33
Gambar 1.21 Sumber Makanan yang Mengandung Vitamin B2.....	35
Gambar 1.22 Struktur Kimia Vitamin B2.....	36
Gambar 1.23 Sumber Makanan yang Mengandung Vitamin B.....	38

Gambar 1.24 Sumber Makanan yang Mengandung Vitamin B3.....	39
Gambar 1.25 Struktur Kimia Vitamin B3.....	40
Gambar 1.26 Mekanisme Vitamin B3 .....	41
Gambar 1.27 Sumber Makanan yang Mengandung Vitamin B5.....	42
Gambar 1.28 Struktur Kimia Vitamin B5.....	43
Gambar 1.29 Mekanisme Vitamin B5 .....	45
Gambar 1.30 Sumber Makanan yang Mengandung Vitamin B6.....	46
Gambar 1.31 Struktur Kimia Vitamin B6.....	47
Gambar 1.32 Struktur <i>piridoksal-5 -fosfat</i> .....	49
Gambar 1.33 Sumber Makanan yang Mengandung Vitamin B7.....	51
Gambar 1.34 Struktur Kimia Vitamin B7.....	52
Gambar 1.35 Manfaat Vitamin B11 dan B12 .....	54
Gambar 1.36 Sumber Makanan yang Mengandung Vitamin B12...55	
Gambar 1.37 Struktur Kimia Vitamin B12.....	56
Gambar 1.38 Struktur Kimia Asam Folat .....	57
Gambar 1.39 Mekanisme Penyerapan Asam Folat.....	60
Gambar 1.40 Fungsi Mineral .....	62
Gambar 1.41 Definisi Mineral .....	63
Gambar 1.42 Struktur Kimia Natrium .....	65
Gambar 1.43 Struktur Kimia Magnesium.....	66
Gambar 1.44 Struktur Kimia Potassium .....	67
Gambar 1.45 Struktur Kimia Phosporus.....	67
Gambar 1.46 Fungsi Mineral Kalsium, Besi, dan Natrium .....	68
Gambar 1.47 Fungsi Mineral Phosphor, Fluoride & Seng .....	69
Gambar 1.48 Struktur Kimia Besi .....	71
Gambar 1.49 Reaksi Kimia <i>Chloride</i> .....	73
Gambar 1.50 Struktur Kimia <i>Cobalt</i> .....	73

Gambar 1.51 Struktur Kimia <i>Copper</i> .....	74
Gambar 1.52 Struktur Kimia <i>Zinc</i> .....	75
Gambar 1.53 Struktur Kimia <i>Silicon</i> .....	76
Gambar 1.54 Struktur Kimia <i>Mangan</i> .....	76
Gambar 1.55 Struktur Kimia <i>Fluoride</i> .....	77
Gambar 1.56 Struktur Kimia <i>Iodin</i> .....	78
Gambar 1.57 Struktur Kimia <i>Selenium</i> .....	79
Gambar 2.1 Komposisi Lemak dan Asam Lemak Ikan Segar.....	82
Gambar 2.2 Komponen Ikan Segar.....	84
Gambar 2.3 Ikan Kakap Putih ( <i>Lates calcarifer</i> ).....	111
Gambar 2.4 Proses Pembuatan dan Produksi Gelatin.....	116
Gambar 2.5 Gelatin pada Berbagai Produk Industri.....	117
Gambar 2.6 Ikan Kakap Merah.....	120
Gambar 2.7 Ikan Tenggiri.....	123
Gambar 2.8 Proses Pembuatan dan Produksi Gelatin.....	124
Gambar 2.9 Ikan Salmon. ....	125
Gambar 2.10 Ikan Gabus .....	126
Gambar 2.11 Kerang Dara ( <i>Anadara granosa</i> ) .....	127
Gambar 2.12 Udang ( <i>Penaeus semisulcatus</i> ) .....	129
Gambar 3.1 Sebaran Nutrisi & Komposisi Kimia Daging Ikan ....	145
Gambar 3.2 Komposisi Kimia Ikan Segar .....	146
Gambar 3.3 Kalori Berbagai Jenis Ikan Segar.....	153
Gambar 3.4 Kandungan Nutrisi Ikan <i>Mackerel</i> .....	153
Gambar 3.5 Kandungan Nutrisi Ikan Sardin.....	154
Gambar 3.6 Diagram Fase Tahapan Pembusukan Ikan .....	160
Gambar 3.7 Fase Tahapan Pembusukan Ikan .....	162
Gambar 3.8 Bakteri Penyebab Kebusukan Ikan .....	164

Gambar 3.9 Skema dari <i>Air Blast Freezer</i> .....	171
Gambar 3.10 Skema <i>Freezer Bed</i> Terfluidisasi.....	180
Gambar 3.11 Skema <i>Freezer Belt Spiral</i> .....	180
Gambar 3.12 Bakteri Penyebab Kerusakan .....	182
Gambar 3.13 Ciri Produk Perikanan yang Mengalami Kerusakan.	184
Gambar 3.14 Jenis-Jenis Bakteri Penyebab Kerusakan Ikan.....	188
Gambar 3.15 Jenis Bakteri Penyebab Kerusakan Udang & Kerang	191
Gambar 3.16 Bakteri Gram Negative Penyebab Kerusakan Ikan...	191
Gambar 3.17 Bakteri Penyebab Kerusakan Pada Ikan .....	192
Gambar 3.18 Bakteri Penyebab Kerusakan Pada Olahan Ikan.....	192
Gambar 3.19 Ilustrasi Terjadinya <i>Pre-Rigor, Rigor, Post Rigor</i> ....	193
Gambar 3.20 Tahapan Proses Pembusukan Ikan.....	195
Gambar 3.21 Proses Biokimiawi Setelah Ikan Mati.....	198
Gambar 3.22 Skema Degradasi Nukleotida.....	199
Gambar 3.23 Proses Pembongkaran ATP Menjadi Hipoksantin....	199
Gambar 3.24 Proses Pembongkaran ATP Selama Pembusukan ...	200
Gambar 3.25 Pengukuran <i>K-Value Index</i> .....	200
Gambar 3.26 Jenis Kerusakan Daging Ikan.....	201
Gambar 3.27 Parameter Kerusakan Daging Ikan .....	201
Gambar 3.28 Mekanisme Kerja Enzim Setelah Ikan Mati .....	208
Gambar 3.29 Mekanisme Kerja Pembusukan Oleh Bakteri .....	209
Gambar 3.30 Penguraian yang Terjadi Saat Pembusukan Ikan.....	210
Gambar 3.31 Penguraian Protein Saat Pembusukan Ikan.....	211
Gambar 3.32 Penguraian Lemak Saat Pembusukan Ikan .....	212
Gambar 3.33 Penguraian Karbohidrat Saat Pembusukan Ikan.....	213
Gambar 3.34 Kemunduran Mutu Ikan Secara Mikrobiologi.....	214
Gambar 3.35 Kemunduran Mutu Ikan dari Aspek rasa dan warna.	216

Gambar 3.36 Kemunduran Mutu Ikan secara fisik .....	216
Gambar 3.37 Perubahan Kimia TMAO Ikan .....	217
Gambar 3.38 Perubahan Kimia Urea Ikan .....	218
Gambar 3.39 Perubahan Kadar TVB,HxR dan TMA ikan selama Pengesan .....	218
Gambar 3.40 Perubahan Mutu COD pd suhu Penyimpanan .....	219
Gambar 3.41 Kandungan Asam Amino pada Ikan .....	219
Gambar 3.42 Perubahan Histisin menjadi Histamin .....	220
Gambar 3.43 Kadar Indol dalam kesegaran Ikan .....	222
Gambar 3.44 Proses hidrolisis pd ketengikan minyak dan lemak ..	222
Gambar 4.1 Diagram Alir Proses Pembuatan Terasi Udang .....	225
Gambar 4.2 Udang Halus/Udang Rebon .....	226
Gambar 4.3 Udang Halus Setelah Dicuci dan Ditiriskan .....	226
Gambar 4.4 Penjemuran Terasi.....	227
Gambar 4.5 Mesin Penggiling Adonan Terasi Manual .....	227
Gambar 4.6 Adonan Terasi Setelah Digiling Setengah Halus .....	228
Gambar 4.7 Proses Pencetakan Terasi .....	228
Gambar 4.8 Terasi yang Sudah Dicitak dan Dikemas .....	229
Gambar 4.9 Terasi yang Sudah Dicitak .....	229
Gambar 4.10 Prosedur Pembuatan Terasi.....	230
Gambar 4.11 Bakteri pada Pembuatan Terasi.....	231
Gambar 4.12 Diagram alir Pembuatan Terasi.....	232
Gambar 4.13 Bekasam .....	234
Gambar 4.14 Ikan Peda.....	234
Gambar 4.15 <i>Gravalax</i> .....	235
Gambar 4.16 <i>Nata de Seaweed</i> .....	240
Gambar 5.1 Ikan Asin .....	243

Gambar 5.2 Proses Penggaraman Kering .....	246
Gambar 5.3 Proses Penggaraman Basah.....	247
Gambar 5.4 Penggaraman Kering tanpa Kedap Air .....	248
Gambar 5.5 Prosedur Penggaraman.....	251
Gambar 5.6 Alat Pengasap Tradisional .....	255
Gambar 5.7 Pengasapan Ikan Tradisional .....	255
Gambar 5.8 Pengasapan Ikan <i>Cabinet Dryer</i> .....	256
Gambar 5.9 Pengasapan Ikan Bandeng Secara Tradisional.....	258
Gambar 5.10 Ikan Pindang .....	262
Gambar 5.11 Diagram Alir Pembuatan Ikan Pindang .....	262
Gambar 6.1 Ikan Sardin .....	265
Gambar 6.2 <i>Sterilizer</i> .....	266
Gambar 6.3 Skema <i>Steriflow</i> .....	271
Gambar 6.4 Sterilisasi Komersial .....	271
Gambar 6.5 Diagram Alir Prosedur Sterilisasi .....	272
Gambar 6.6 Kandungan Gizi Ikan Sarden Kaleng.....	274
Gambar 6.7 Kerusakan Tekstur Dan Daya Cerna Produk Kaleng .	276
Gambar 6.8 Sterilisasi Ikan Kaleng .....	279
Gambar 6.9 Proses Pengalengan.....	279
Gambar 6.10 Jenis Mikroba Thermofilik.....	280
Gambar 6.11 Bakso Ikan Tenggiri.....	281
Gambar 6.12 Surimi.....	283
Gambar 6.13 Kamaboko .....	293
Gambar 6.14 <i>Nugget</i> Ikan.....	297
Gambar 6.15 Sosis Ikan .....	301
Gambar 6.16 Ebifurai.....	303
Gambar 6.17 Kaki Naga .....	305



Gambar 6.18 Ekado Ikan .....	306
Gambar 6.19 Dimsum Ikan.....	309
Gambar 6.20 Nori Rumput Laut .....	311
Gambar 6.21 Proses Pembuatan Nori Rumput Laut.....	312
Gambar 7.1 Sabun Rumput Laut & Mangrove.....	313
Gambar 7.2 Masker Rumput Laut & Mangrove .....	318
Gambar 7.3 Shampo Rumput Laut & Mangrove .....	319
Gambar 7.4 Aneka Kerajinan dari Cangkang Kerang .....	321
Gambar 7.5 Pot dari Cangkang Kerang .....	322
Gambar 7.6 Bunga dari Cangkang Kerang.....	323
Gambar 7.7 Terarium dari Cangkang Kerang.....	324

## DAFTAR TABEL

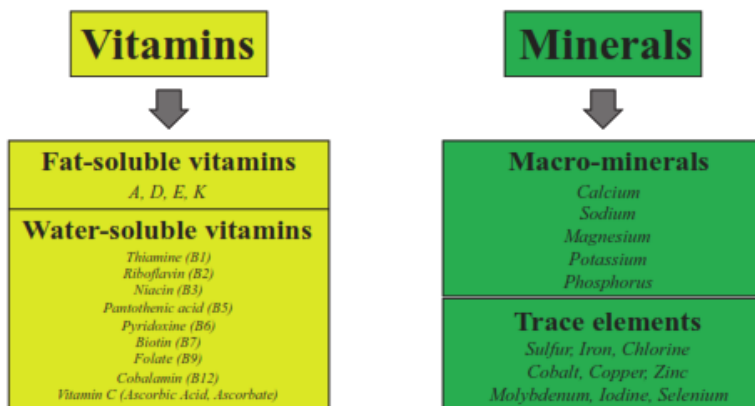
	Halaman
Tabel 1.1 Jenis-jenis Mineral dan Fungsinya .....	69
Tabel 2.1 Komposisi Kimiawi Ikan Segar .....	81
Tabel 2.2 Beberapa Komposisi Proksimat Ikan Ekonomis Penting.	110
Tabel 2.3 Komposisi Asam Amino Gelatin Dari Kulit Ikan Halibut	112
Tabel 2.4 Komposisi Kimia Ikan Kakap Putih .....	115
Tabel 2.5 Komposisi Kimia Ikan Cakalang .....	124
Tabel 2.6 Komposisi Kimia Kerang Darah ( <i>Anadara granosa</i> ).....	127
Tabel 2.7 Komposisi Proksimat Kerang Darah ( <i>Anadara granosa</i> )	129
Tabel 3.1. Konstituen Mineral Penting Otot Ikan.....	152
Tabel 3.2 Perubahan Autolitik Yang Terjadi Pada Ikan Dingin /Beku .....	155
Tabel 3.3 Komponen Pakteri Pembusuk .....	159
Tabel 3.4 <i>Bacterial Spoilage Compounds</i> .....	161
Tabel 3.5 Masa Simpan Produk pada Penyimpanan Beku .....	166
Tabel 3.6 PerbandinganPembekuan.....	167
Tabel 3.7 Tipe <i>Freezer</i> dan Spesifikasinya.....	176
Tabel 3.8 Komponen Mesin <i>Air Blast Freezer</i> .....	179
Tabel 3.9 Aw Minimal Pertumbuhan <i>S.aureus</i> .....	182
Tabel 3.10 Proses Pertumbuhan Bakteri Berdasarkan Suhu <i>Handling</i> .....	223
Tabel 4.1 Komposisi Kimia Ikan Sarden Menurut FAO .....	275

## BAB 1

# VITAMIN DAN MINERAL

Vitamin, mineral dan air merupakan bagian dari komponen-komponen yang dibutuhkan oleh tubuh manusia. Namun, pada saat ini banyak sekali masyarakat mengabaikan komponen-komponen tersebut. Vitamin, mineral dan air adalah komponen yang tidak dapat dibuat oleh tubuh manusia seutuhnya, bahkan mineral tidak dapat dibuat oleh tubuh sehingga mineral hanya dapat diperoleh tubuh melalui makanan yang kita konsumsi.

Vitamin, mineral dan air merupakan beberapa komponen yang diperlukan tubuh manusia. Namun saat ini banyak orang yang mengabaikan komponen tersebut. Vitamin, mineral dan air merupakan bahan yang tidak dapat diproduksi sepenuhnya oleh tubuh manusia, bahkan mineral pun tidak dapat diproduksi oleh tubuh, sehingga tubuh hanya memperoleh mineral dari makanan yang kita makan.



**Gambar 1.1.** Penggolongan Vitamin dan Mineral

Sumber: Akram *et al.*, 2020

Vitamin adalah zat penting untuk fungsi normal dan perkembangan tubuh. Ada dua klasifikasi vitamin yaitu: vitamin yang larut dalam lemak (*fat-soluble vitamins*) dan vitamin yang larut dalam air (*water-soluble vitamins*). Vitamin yang dikenal termasuk A, C, D, E, dan K, dan B vitamin: thiamin (B1), *riboflavin* (B2), *niacin* (B3), asam pantotenat (B5), *pyridoxin* (B6), *sianokobalamin* (B12), *biotin*, dan asam folat/folat. Vitamin dibagi menjadi dua kelompok, yaitu vitamin yang larut dalam air dan vitamin yang larut dalam lemak. Vitamin yang larut dalam lemak adalah vitamin A, D, E, dan K. Vitamin yang larut dalam air antara lain vitamin B kompleks dan vitamin C.

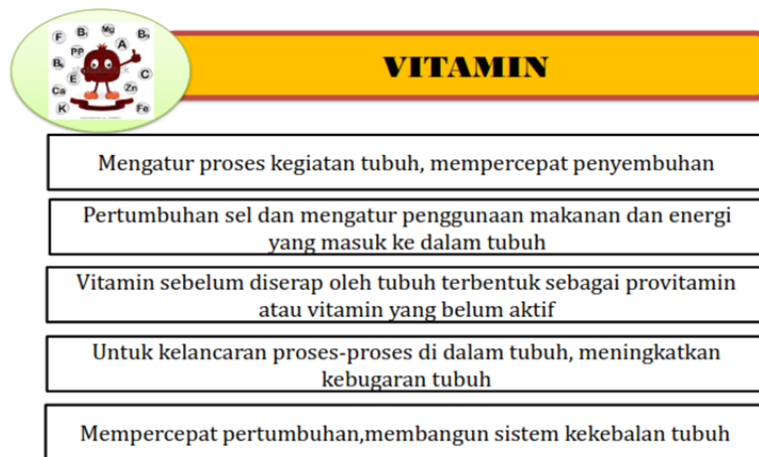
Mineral adalah senyawa alami yang terbentuk selama proses geologi. Istilah mineral tidak hanya mencakup komposisi kimia bahannya, tetapi juga struktur mineralnya. Mineral berkisar dari unsur murni dan garam sederhana hingga silikat yang sangat kompleks yang biasanya tidak mengandung ribuan bentuk zat organik yang diketahui. Mineral adalah senyawa alami yang terbentuk selama proses geologi.



**Gambar 1.2.** Klasifikasi Vitamin  
Sumber: Sumartini, 2020

Seperti disebutkan sebelumnya, vitamin dapat diklasifikasikan menjadi vitamin yang larut dalam air atau vitamin yang larut dalam lemak. Vitamin yang larut dalam lemak sangat penting untuk berfungsinya tubuh. Kekurangan vitamin dikaitkan dengan beberapa masalah kesehatan. Tunjangan harian yang

direkomendasikan (RDA) vitamin A, D, E dan K yang larut dalam lemak adalah 8000-10000 g/hari, 8000-5000 g/hari, 8-10 g/hari dan 70-140 g/hari. Kamangar dan Emadi, 2012). Untuk vitamin yang larut dalam air, termasuk thiamin, riboflavin, piridoksin, niasin, biotin, asam askorbat, dan asam pantotenat, RDA-nya adalah 1 mg/hari, 1,2 mg/hari, 2-2,2 mg/hari, 13 miliekuivalen. 100–200 g/hari, 60 µg/hari dan 4–7 mg/hari (Kamangar dan Emadi, 2012).



**Gambar 1.3.** Manfaat Vitamin Bagi Kesehatan

Sumber: Sumartini, 2020

Golongan mineral juga digolongkan menjadi dua yakni makromineral dan tracelemen berdasarkan jumlah asupan kebutuhannya. Mineral makro meliputi Kalsium (Ca), *Sodium/Natrium* (Na), *Magnesium* (Mg), *Potassium/Kalium* (K) dan *Phosporus* (P). Sedangkan mikromineral atau *tracelements* seperti *Sulfur* (S), *Iron* (Fe), *Chlorine* (Cl), *Cobalt* (Co), *Copper* (Co), *Zinc* (Zn), *Molybdenum* (Mo), *Iodine* (I), dan *Selenium* (Se).

## **1.1. Vitamin Larut Lemak**

Vitamin yang larut dalam lemak adalah jenis vitamin yang diserap dan disimpan tubuh di jaringan lemak. Oleh karena itu, vitamin yang larut dalam lemak lebih sulit dikeluarkan dari tubuh melalui keringat atau urin. Oleh karena itu berhati-hatilah dalam menggunakan vitamin jenis ini, karena dapat menimbulkan dampak buruk, seperti overdosis vitamin jika dikonsumsi secara berlebihan. Setelah masuk ke dalam tubuh, vitamin yang larut dalam lemak (vitamin A, D, E dan K) melewati kelenjar getah bening di usus halus dan kemudian dialirkan ke dalam darah. Vitamin jenis ini tidak langsung dikeluarkan dari tubuh, melainkan disimpan dan terakumulasi di hati dan jaringan lemak. Oleh karena itu, tidak disarankan untuk terlalu banyak mengonsumsi vitamin larut lemak, baik dari makanan maupun suplemen. Overdosis vitamin larut lemak dapat menyebabkan overdosis vitamin, atau hipervitaminosis, atau keracunan akibat konsumsi vitamin berlebihan. Vitamin yang larut dalam air berbeda. Vitamin jenis ini dapat dikeluarkan dari tubuh langsung melalui urin jika jumlahnya berlebihan, sehingga kemungkinan keracunan vitamin.

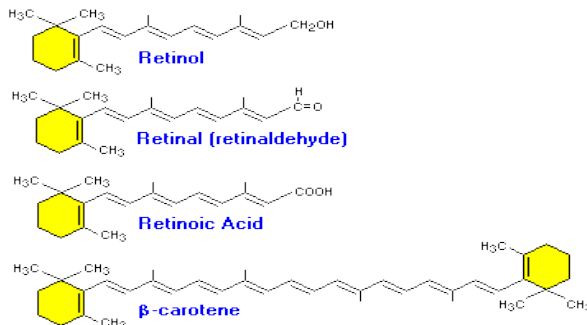
### **1.1.1. Vitamin A**

Vitamin A biasa disebut dengan A Retinoid (Retinol) dan A Karotenoid (Karoten) (Gambar 1.5) sebagai antioksidan untuk melindungi asam tak jenuh dari oksidasi, melawan radikal bebas, menjaga fungsi darah, mencegah kelebihan asam lemak, melindungi kesehatan kulit, mata, darah merah dan liver, melindungi paru-paru dari polusi udara. Vitamin A juga mencegah stroke, kanker, serangan jantung dan infertilitas. Sumber vitamin A antara lain ikan, ayam, minyak sayur, telur, bayam, paprika, tomat, alpukat, biji bunga matahari, salmon, brokoli, dan minyak zaitun.



**Gambar 1.4.** Sumber Makanan yang Mengandung Vitamin A  
 Sumber: <http://www.dreamstime.com/healthy-eating-plate-vector-illustration>

Vitamin A adalah istilah umum untuk sekelompok senyawa kimia yang memiliki struktur serupa yang disebut retinoid. Kelompok retinoid ini secara kualitatif mengatur aktivitas biologis retinol. Meski dibutuhkan hanya dalam jumlah kecil, nutrisi ini sangat diperlukan untuk berfungsinya berbagai regulasi dan proses fisiologis lainnya dalam tubuh secara normal.



**Gambar 1.5.** Struktur Kimia Vitamin A

Sumber: Edem (2009)

Sumber makanan vitamin A bagi kebanyakan orang berasal dari makanan nabati dan hewani, yang sangat berbeda untuk kebutuhan sehari-hari masyarakat. Di negara-negara industri, lebih dari dua pertiga vitamin A yang

dikonsumsi berasal dari makanan hewani dibandingkan vitamin A alami yang sudah jadi. Sumber vitamin A yang diproduksi dalam makanan adalah hati ikan kod, produk susu, telur, dan ikan. Sumber vitamin A terkaya adalah minyak hati ikan kod, seperti ikan air tawar. Vitamin A (disebut retinol pada mamalia) adalah sejenis vitamin yang larut dalam lemak. Manusia mengonsumsi dua jenis vitamin A: provitamin A yang bersumber dari tumbuhan dan vitamin A yang berasal dari hewan. Ini terlibat dalam pertumbuhan dan diferensiasi jaringan. Sumber utama vitamin A atau retinol adalah hati, susu, minyak ikan, dan telur. Vitamin A tersedia di banyak jaringan hewan dan mudah diserap dari sumber makanan seperti usus kecil.

Vitamin A adalah penyusun pigmen visual dan mempertahankan epitel. Kekurangan vitamin A yang terjadi secara kronis jika konsumsi makanan yang rendah vitamin A dan betakaroten. Gejala kekurangan Vitamin A adalah kulit kering dan kebutaan di malam hari. Kekurangan vitamin A yang parah dan berkepanjangan dapat menghasilkan kebutaan total dan yang irreversibel. Kekurangan vitamin, adalah bagian utama dari diet. Sumber vitamin A hewani termasuk ikan halibut (sumber terkaya), minyak hati ikan hiu dan ikan kod, hati hewan, kuning telur, susu dan kolostrum. Sumber tanaman termasuk wortel, bayam, jagung kuning dan kentang. Kebutuhan harian untuk bayi, anak-anak dan orang dewasa adalah 400, 700 dan 1000 g (Nishimura *et al.*, 1998). Fortifikasi vitamin A pada makanan adalah yang paling murah, pendekatan jangka panjang, dan dapat dijadikan pilihan suplementasi sementara.

Fungsi Vitamin A berkontribusi untuk penglihatan dalam cahaya redup. Vitamin A mempertahankan integritas dan fungsi normal dari jaringan kelenjar dan epitel. Hal ini bertujuan mendukung kerangka pertumbuhan dan bertindak sebagai agen anti-infeksi. Dapat melindungi terhadap beberapa kanker epitel (Borel *et al.*, 2005). Vitamin A teroksidasi menjadi retinal, atau vitamin A



aldehida, yang bergabung dengan opsin, opsin adalah suatu protein yang berfungsi membentuk rhodopsin, pigmen penginderaan cahaya pada retina. Jadi, tahap paling awal. Gejala kekurangan vitamin A termasuk rabun senja. Selain itu, vitamin A diperlukan untuk pembentukan dan pemeliharaan permukaan epitel melalui mekanisme yang belum diketahui. Peran vitamin A dalam sistem kekebalan tubuh, bersama dengan karotenoid tertentu, meningkatkan aktivitas sistem kekebalan tubuh dan membantu mengendalikan infeksi bahkan keganasan. Vitamin A memiliki efek kuat pada kekebalan. Kekurangan vitamin A dapat melemahkan sistem kekebalan tubuh dan meningkatkan risiko penyakit dan kematian, karena dianggap sebagai cara komprehensif untuk meningkatkan status vitamin A. Penyakit seperti malaria dan campak. (terutama bagian depan mata dan lapisan saluran pencernaan dan serta saluran pernapasan). Umumnya Retinil asetat dan retinil palmitat digunakan dalam berbagai produk makanan sebagai fortifikan terhadap ancaman kekurangan vitamin A. Setiap tahun defisiensi vitamin A di negara berkembang diidentifikasi sebagai cacat gizi yang serius seperti kebutaan.

Menurut Organisasi Kesehatan Dunia (WHO), 140 juta anak menderita kekurangan vitamin A, terutama di Afrika dan Asia Tenggara. Kekurangan vitamin A merupakan masalah gizi di seluruh dunia, terutama di negara-negara berkembang, dimana orang yang sakit mempunyai risiko yang serius. kesehatan ibu hamil dan menyusui serta bayi dan anak. Hal ini dianggap sebagai masalah kesehatan masyarakat yang tersebar luas di kalangan anak-anak prasekolah di negara-negara berkembang. Kekurangan vitamin A menyebabkan hiperkeratosis folikular (yaitu penyumbatan keratin pada folikel rambut) seperti penyakit kudis dan xerophthalmia (kekeringan), yang dapat berkembang menjadi ulkus kornea dan selanjutnya kebutaan. Keracunan vitamin A akut telah terjadi di penjelajah kutub yang memakan hati beruang kutub.

Hipervitaminosis vitamin A biasanya terjadi setelah konsumsi vitamin A yang berlebihan oleh makanan atau kosmetik (Strobel *et al.*, 2007). Fitur-fiturnya mungkin termasuk artralgia, kelelahan, keringat malam, dan sakit kepala karena hipertensi intrakranial jinak. Meskipun tidak berbahaya, konsumsi beta karoten kuning atau oranye yang berlebihan akan merugikan kesehatan. Berbeda dengan pengamatan di kasus ikterus, sklera tetap putih. Strategi yang berbeda seperti diversifikasi pangan, fortifikasi dan suplementasi sangat membantu untuk mengatasi kekurangan vitamin A (Tang *et al.*, 2005).

Kekurangan vitamin A dapat menyebabkan xerophthalmia yang gejalanya diawali dengan rabun senja, dimana penderitanya tidak dapat melihat dengan normal (Winarno, 2004). Kebutuhan tubuh manusia akan vitamin A dapat dipenuhi dengan mengkonsumsi ikan air tawar maupun ikan air laut. Kandungan nutrisi pada ikan air tawar cukup tinggi dan hampir sama tingginya dengan ikan air laut, sehingga disarankan untuk mengkonsumsinya dalam jumlah yang cukup. Kandungan protein dan vitamin yang tinggi pada ikan air tawar ini sangat bermanfaat untuk pertumbuhan terutama bagi anak di bawah usia 5 tahun. Konsumsi vitamin A yang tepat dan tidak berlebihan setiap orang berbeda-beda sesuai dengan kondisi tubuh masing-masing orang. Kebutuhan vitamin A yang dianjurkan adalah 1200-2400 IU untuk bayi dan anak di bawah 10 tahun dan 3500-4000 IU untuk orang dewasa. Menurut panduan mikronutrien harian, kebutuhan harian vitamin A adalah 5.000 IU per hari. Mengkonsumsi ikan dapat membantu memenuhi kebutuhan tubuh manusia akan vitamin A.

### **1.1.2. Vitamin D**

Vitamin D adalah sekelompok vitamin prohormon yang larut dalam lemak. Vitamin D juga dikenal sebagai kalsiferol. Tubuh Anda membutuhkan

vitamin D untuk menyerap kalsium. Mineral kalsium merupakan nutrisi pembentuk tulang yang paling penting, memperkuat tulang dan mengurangi risiko patah tulang. Tanpa vitamin D yang cukup, seseorang tidak dapat memproduksi hormon kalsitriol dalam jumlah yang cukup untuk menyerap kalsium dari makanan. Contoh makanan sumber vitamin D ditunjukkan pada Gambar 1.6

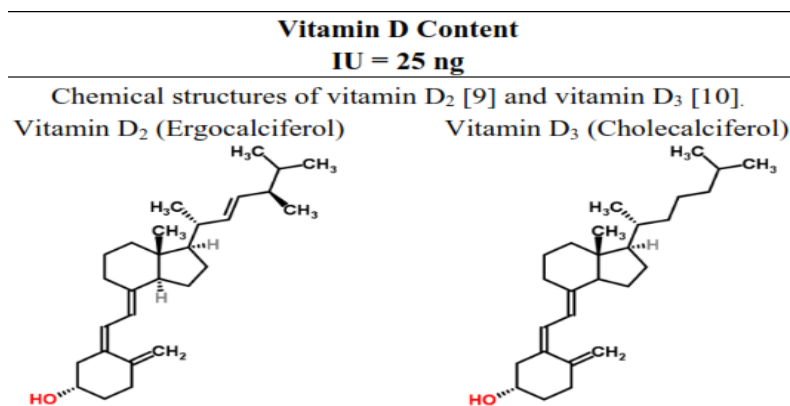


**Gambar 1.6.** Sumber Makanan yang Mengandung Vitamin D

Sumber:<https://www.cnnindonesia.com/gaya-hidup/20210217191911-255-607575/4-vitamin-dan-mineral-yang-ampuh-turunkan-berat-badan>  
Metabolisme Vitamin A

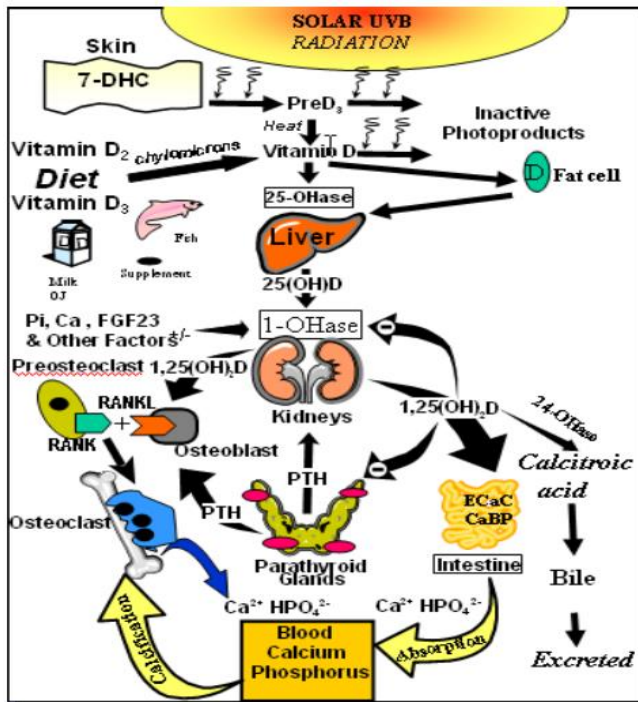
Vitamin D telah diproduksi oleh fitoplankton selama lebih dari 500 juta tahun dan dianggap sebagai hormon tertua dari semua hormon yang fungsi awalnya bisa menjadi perlindungan makromolekul sensitif ultraviolet termasuk protein, DNA dan RNA, ketika bentuk awal kehidupan terkena sinar matahari untuk fotosintesis. Kemudian, setelah evolusi hewan penghuni laut dengan kerangka tulang belakang berkelana ke darat, pemeliharaan homeostasis kalsium adalah masalah fisiologis yang utama (berlawanan dengan hidup di laut yang kaya kalsium). Vitamin D yang memastikan penyerapan kalsium usus yang efisien dari sumber makanan dan pada akhirnya sangat penting untuk pengembangan dan pemeliharaan kerangka mamalia yang terkalsifikasi. Vitamin D bisa didapatkan dari kedua sumber yakni sinar matahari atau diet

harian untuk kesehatan sistem kerangka, baik pada vertebrata maupun pada tubuh manusia. Vitamin D telah berevolusi menjadi hormon yang memiliki banyak efek ekstraskeletal dengan mengatur perkiraan 2000 gen . Perbedaan etnis dan gender dalam pigmentasi kulit menunjukkan pentingnya evolusi suplai vitamin D yang cukup. Berbagai tingkat depigmentasi yang berkembang untuk memungkinkan sintesis previtamin D3 yang diinduksi UVB ketika hominid bermigrasi ke luar daerah tropis dapat dianggap sebagai solusi untuk persyaratan fisiologis sintesis vitamin D yang saling bertentangan dan fotoproteksi yang berbeda tergantung pada garis lintang dan dengan demikian menjamin derajat yang berbeda dari pigmentasi kulit. Perbedaan gender dalam pigmentasi kulit dengan perempuan berkulit lebih terang daripada laki-laki di semua populasi data tentang reflektansi kulit yang telah tersedia dapat dijelaskan oleh kebutuhan vitamin D yang lebih tinggi selama kehamilan dan menyusui. Sumber vitamin D berasal dari sinar matahari, suplemen dan diet.



**Gambar 1.7.** Sumber Kimia Vitamin D

Sumber: Jones, 2022



**Gambar 1.8.** Metabolisme dan Penyerapan Vitamin D  
 Sumber: Jones, 2022

Jumlah produksi vitamin D di kulit tergantung pada sudut datang matahari dan demikian pada garis lintang, musim dan waktu dalam sehari. Jumlah produksi vitamin D tertinggi ketika matahari berada di zenith dan mendatar dari sudut datang menyebabkan penurunan produksi vitamin D. Seluruh tubuh terpapar sinar matahari dengan satu dosis eritema minimal (MED), yaitu dosis minimal yang menyebabkan warna merah muda pada kulit setelah 24 jam paparan, menyebabkan kadar vitamin D sebanding dengan asupan oral 10.000 hingga 25.000 IU vitamin D2. Namun, selama paparan sinar matahari sebagian besar musim dingin di garis lintang masing-masing di atas dan di bawah -33 derajat Utara dan Selatan, sehingga tidak menyebabkan produksi vitamin D3 di kulit (Gambar 1.8). Faktor lain yang mempengaruhi

produksi vitamin D yang merugikan kesehatan kulit adalah peningkatan pigmentasi kulit, penuaan, terutama usia > 65 tahun dan aplikasi topical tabir surya. Jumlah makanan yang secara alami mengandung vitamin D dalam jumlah yang signifikan sangat terbatas. Di antara ini adalah ikan dengan kadar lemak yang tinggi seperti salmon, sarden dan tuna, dan minyak dari hati beberapa ikan seperti COD serta jamur yang terpapar sinar matahari. Untuk meningkatkan kandungan vitamin D<sub>2</sub> dalam produsen jamur dengan radiasi UV.

Pada tahun 1930-an, fortifikasi susu, soda, roti dan bahkan bir menjadi populer namun, setelah beberapa kasus dugaan keracunan vitamin D pada bayi pada tahun 1950-an di Inggris Raya peraturan ketat membatasi fortifikasi vitamin D di Eropa. Karena prevalensi intoleransi laktosa yang relatif tinggi yang menyebabkan penghindaran susu oleh banyak orang dewasa, fortifikasi jus jeruk di AS diperkenalkan sebagai pendekatan baru untuk meningkatkan status vitamin D masyarakat pada tahun 2003 dan terbukti sama efektifnya dengan suplementasi oral. Makanan yang diperkaya vitamin D lainnya termasuk margarin, yogurt, susu formula, mentega, keju dan sereal sarapan. Vitamin D<sub>2</sub> dan Vitamin D<sub>3</sub> tersedia sebagai suplemen oral yang dijual bebas. Di AS, hanya vitamin D<sub>2</sub> tersedia sebagai resep obat. Meskipun ada perdebatan mengenai apakah vitamin D<sub>2</sub> sama efektifnya dengan vitamin D<sub>3</sub> dalam mempertahankan status vitamin D.

### **Metabolisme Vitamin D**

Vitamin D dari sintesis kulit atau asupan suplemen/makanan, diangkut ke bagian lemak di mana dapat disimpan ke dalam hati sebagai langkah pertama aktivasi, hidroksilasi menjadi 25-hidroksivitamin D[25(OH)D], yang merupakan bentuk sirkulasi utama vitamin D dan diukur untuk menilai kondisi

status vitamin D pasien. 25(OH)D dimetabolisme di ginjal oleh enzim mitokondria *25-hidroksivitamin D-1 $\alpha$ -hidroksilase* (CYP27B1) untuk menghasilkan bentuk aktif yang beredar secara sistemik, 1,25-dihidroksivitamin D [1,25(OH)2D]. Sintesis 1,25(OH)2D ginjal diatur oleh beberapa faktor termasuk serum fosfor, kalsium, faktor pertumbuhan fibroblas 23 (FGF-23), dan parathormon (PTH). CYP27B1 juga diekspresikan secara ekstrarenal di banyak jaringan, termasuk tulang, plasenta, prostat, keratinosit, makrofag, limfosit T, sel dendritik, beberapa sel kanker, dan kelenjar paratiroid serta memungkinkan produksi 1,25(OH)2D. Bentuk aktif vitamin D aktif ini secara lokal dan memberikan efek auto atau parakrin. 1,25(OH)2D menginduksi penghancurannya sendiri dan dengan cepat menginduksi *25-hidroksivitamin D-24-hidroksilase* (CYP24A1), yang mengarah pada katabolisme bertingkat dari 25(OH)D dan 1,25(OH)2D menjadi tidak aktif secara biologi, metabolit larut dalam air termasuk asam calcitroic (Gambar 1.8).

### **1.1.3. Vitamin E**

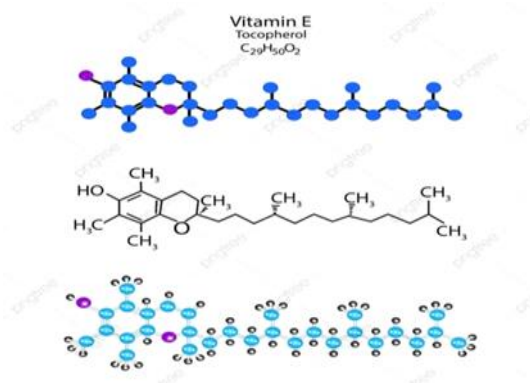
Vitamin E adalah nama umum untuk dua kelas molekul yang memiliki aktivitas vitamin E dalam makanan. Vitamin E bukanlah nama suatu entitas kimia tertentu, melainkan senyawa alami yang menyediakan fungsi vitamin E dalam makanan. Vitamin E adalah suplemen makanan yang mencegah dan memperbaiki kekurangan vitamin E. Vitamin E merupakan vitamin yang larut dalam lemak yang memiliki sifat antioksidan yang membantu mencegah kerusakan sel akibat paparan radikal bebas. Vitamin E ditemukan secara alami di banyak kacang-kacangan, biji-bijian dan minyak nabati. Suplementasi vitamin E diperlukan ketika seseorang tidak dapat memenuhi kebutuhan vitamin E secara alami.



**Gambar 1.9.** Sumber Makanan Mengandung Vitamin E

Sumber: <https://www.blibli.com/friends/blog/makanan-yang-mengandung-vitamin-e-06/>

Vitamin adalah zat organik yang diperlukan untuk pemeliharaan kesehatan, pertumbuhan dan serta spermatogenesis dan oogenesis pada hewan. Vitamin E adalah antioksidan yang larut dalam lemak dan juga penting untuk kesuburan dan reproduksi ikan. Vitamin datang dalam delapan bentuk berbeda, tetapi satu bentuk *alfa-tokoferol* yang memiliki dampak terbesar pada tubuh ikan. Bentuk ini adalah yang ditemukan pada sebagian besar suplemen vitamin. Vitamin E juga terlibat dalam pemeliharaan permeabilitas kapiler darah normal dan integritas otot jantung.



**Gambar 1.10.**

Sumber : [https://id.pngtree.com/freepng/vitamin-e-molecular-structure\\_8007622.html](https://id.pngtree.com/freepng/vitamin-e-molecular-structure_8007622.html)



Hal ini pertama kali terbukti terlibat dalam pencegahan kemandulan dan resorpsi janin pada tikus. Selain itu, juga dapat mempengaruhi membran permeabilitas embrio dan daya tetas telur ikan. Vitamin E adalah salah satu nutrisi terpenting yang mempengaruhi sistem kekebalan tubuh ikan, dan pasokan vitamin E dapat mengurangi kematian dan meningkatkan kinerja ikan, sekaligus meningkatkan respon imun spesifik dan nonspesifik (Puangkaew *et al.*, 2004).

### **Vitamin E pada Perkembangan dan Pertumbuhan Ikan**

Vitamin E merupakan antioksidan kuat yang menawarkan perlindungan terhadap kerusakan oksidatif pada berbagai jaringan pada tubuh ikan (Baker *et al.*, 1996), meningkatkan ketahanan membran sel darah merah (Kiron *et al.*, 2004), dan melindungi leukosit fungsi (Sahoo dan Mukherjee, 2002). Ikan tidak dapat mensintesis vitamin E dan oleh karena itu harus dilengkapi dengan vitamin E suplemen dari pakan ikan terutama pakan ikan jantan dan betina sebelum spermatogenesis karena merupakan salah satu faktor penentu untuk kebugaran reproduksi (Canyurt dan Akhan, 2008).

Kebutuhan nutrisi untuk Vitamin E pada ikan, manfaat positif dan suplementasi dalam diet ikan dan sindrom kelebihan dan kekurangan vitamin E. Kontrol analitis menyeluruh melalui analisis standar dari senyawa vitamin E yang berbeda. Struktur vitamin E (*Tocopherols*). Tokoferol adalah sekelompok antioksidan yang larut dalam lemak dengan cincin kromanol dan rantai samping hidrofobik dan ada dalam empat congener berbeda (vitamers) yang disebut alfa, beta, gamma dan delta, yang berbeda dalam pola metilasi cincin *benzopyran* (Boschin dan Arnoldi, 2011; Schwarz *et al.*, 2008). Alfa tokoferol memiliki tiga kelompok metil, bentuk beta dan gamma memiliki dua kelompok

metil dan delta memiliki satu kelompok metil. Aktivitas biologis senyawa ini terutama dikaitkan dengan antioksidan pemutus rantai radikal dalam membran dan lipoprotein, serta dalam makanan. Bentuk paling aktif dari vitamin E adalah tokoferol yang dipercaya dapat melindungi tubuh dari kerusakan degeneratif, khususnya kanker dan penyakit kardiovaskular. Tokoferol telah dilaporkan lebih banyak berperan dalam menurunkan agregasi trombosit, dan menunda agregasi trombus intra-arteri.

Tokoferol melindungi makanan dari oksidasi dengan melindungi stabilitas minyak dan lemak (Tangolar *et al.*, 2011). Fungsi antioksidan vitamin E termasuk penangkalan radikal bebas untuk menghentikan peroksidasi lipid, yang dapat memulai kerusakan pada komponen intraseluler yang tidak stabil termasuk membran, asam nukleat dan enzim, dengan demikian mengakibatkan kondisi patologis dan secara tidak langsung mengakibatkan penurunan pertumbuhan.

Peroksidasi lipid dalam jaringan tubuh menurun ketika diet vitamin E meningkat. Suplementasi vitamin E yang memadai dalam pakan ikan di bawah pemeliharaan intensif sangat penting untuk kelangsungan hidup dan kinerja pertumbuhan. Vitamin E adalah salah satu nutrisi terpenting yang mempengaruhi sistem kekebalan ikan, dan suplementasi vitamin E dapat mengurangi angka kematian dan meningkatkan kinerja ikan sekaligus meningkatkan respons imun spesifik dan non-spesifik. Selain itu, vitamin E merupakan antioksidan kuat yang memberikan perlindungan terhadap kerusakan oksidatif pada berbagai jaringan ikan. Meningkatkan daya tahan membran sel darah merah dan melindungi fungsi leukosit. Pengaruh vitamin E pada reproduksi wanita dan pria tidak bisa terlalu ditekankan. Menurut Serezli *et al.*, (2010), ukuran telur tidak dipengaruhi oleh dosis vitamin E pola makan, tetapi ada hubungan positif antara fekunditas total dan dosis die vitamin E.

Lebih lanjut vitamin E sangat penting untuk kinerja reproduksi ikan. Untuk menilai pengaruh diet makanan dengan dosis yang berbeda dari kandungan vitamin E pada performa reproduksi ikan *black sea trout* (*Salmo labrix*) betina dan jantan, indukan diberi pakan kering.

#### **1.1.4. Vitamin K**

Vitamin K adalah vitamin yang larut dalam lemak diperlukan untuk pembekuan darah. Vitamin itu ditemukan oleh ilmuwan riset. Koagulasi vitamin murni (K1) berasal dari alfalfa di 1939 dan kemudian disadari bahwa bentuk (K2) dengan rantai samping yang lebih tidak jenuh disintesis oleh bakteri. Vitamin K1 dan vitamin K2 terjadi secara alami, terutama hadir dalam sayuran dengan daun hijau. Vitamin K diserap dari usus kecil. Jumlah lemak dalam makanan dan produksi asam empedu di hati sangat penting untuk penyerapan. Serupa ke vitamin larut lemak lainnya, vitamin K1 dan K2 awalnya menyebar dalam kilomikron (CM) ke dalam sirkulasi melalui limfatik.

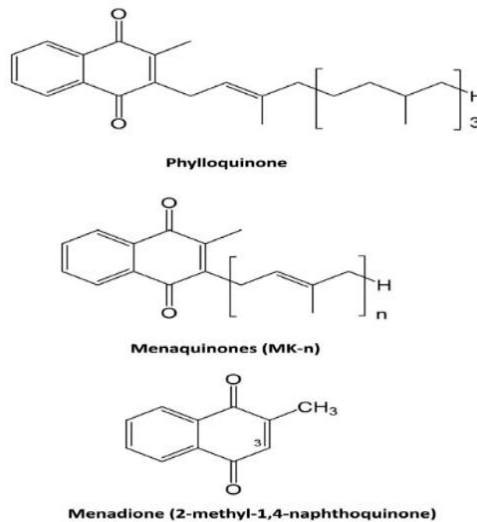
Vitamin K merupakan nutrisi yang dibutuhkan tubuh dalam pembekuan darah. Vitamin K ditemukan secara alami dalam makanan dan tersedia sebagai suplemen makanan. Sumber vitamin K yang paling penting adalah sayur-sayuran dan buah-buahan. Contoh Vitamin K banyak ditemukan pada biji-bijian seperti yang ditunjukkan pada gambar 1.11



**Gambar 1.11.** Sumber Makanan yang Mengandung Vitamin K  
Sumber: <https://www.aarp.org/health/drugs-supplements/info-2021/vitamin-k.html>

Jenis vitamin K sintetis (vitamin K3) adalah vitamin larut dalam air dan diserap dalam kekurangan asam empedu, langsung bergerak dari sel-sel mukosa usus ke dalam portal darah hati. Hati dianggap sebagai tempat penyimpanan vitamin K. Vitamin K penting untuk aktivasi pasca sintetik hepatic faktor koagulasi II (protrombin), VII, IX dan X, selain protein antikoagulan C dan S, Awalnya, semua disintesis sebagai protein prekursor non-aktif oleh hati. Jadi, kekurangan vitamin k memperpanjang waktu pembekuan. Kekurangan vitamin k biasanya disebabkan oleh penyerapan abnormal dalam kekurangan vitamin dalam makanan. Vitamin K memiliki peran penting untuk berbagai proses fisiologis sebagai satu-satunya kofaktor glutamil karboksilase enzim (GGCX) yang mengkatalisasi pergeseran pasca translasi, yang mengarah pada protein yang bergantung pada aktivasi Vitamin K (VKDPs) yang terlibat dalam pembentukan tulang, pencegahan pertumbuhan tumor, reaksi inflamasi dan beberapa biologis fungsi penting lainnya. Pengaruh vitamin K pada koagulasi Vitamin K, yang merupakan koenzim yang digunakan untuk menghasilkan faktor koagulasi, sudah lama dianggap penting untuk mengontrol pembekuan darah. Koagulasi darah didasarkan pada stimulasi cascading dari sejumlah faktor koagulasi (protein spesifik) yang membentuk gumpalan darah yang mencegah pendarahan. Vitamin K bertindak sebagai kofaktor enzim yang

mengkatalisis karboksilasi (penyisipan karboksi) gugus-COOH dari beberapa residu asam glutamat untuk gamma-karboksiglutamat (Gla) dalam faktor koagulasi. Vitamin K memiliki arti penting dalam stimulasi total tujuh faktor pembekuan.

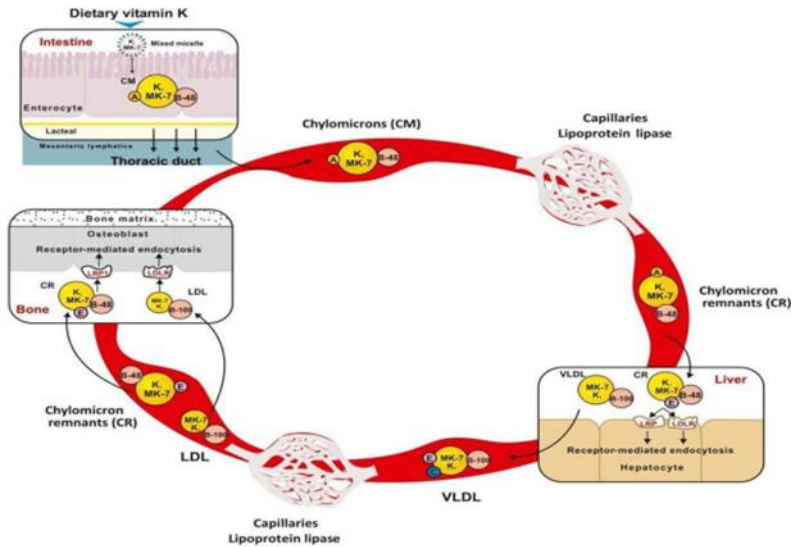


**Gambar 1.12.** Struktur Kimia Vitamin K

**Sumber:** Najwan *et al.*, 2021

Penyerapan vitamin K oleh hati Dalam CR hati, endositosis klasik diekskresikan melalui empedu dalam tinja, proporsinya identik terlepas dari dosis yang disuntikkan adalah 1-45 mg. Tidak ada data ekskresi yang setara untuk menaquinones jalur reseptor melalui reseptor lipoprotein densitas rendah (LDLR) dan protein terkait reseptor 1 (LRP) diamati. Lipid yang tergabung dalam VLDL dengan apoB-100 dan kembali ke darah di mana apoE dan apoC diperoleh. Konsekuensinya hidrolisis trigliserida dalam kapiler menghasilkan residu VLDL yang dikenal sebagai intermediatedensity lipoprotein (IDL) dan melepaskan asam lemak bebas. Perubahan tambahan pada IDL termasuk pengurangan dari apoE dan apoC dan. Cara ini memungkinkan partikel VLDL

yang tersisa untuk diubah menjadi LDL. Vitamin K masih seharusnya dalam lipofilik inti



**Gambar 1.13.** Mekanisme Penyerapan Vitamin K  
Sumber: Tardy *et al.*, 2020

### Mekanisme Penyerapan Vitamin K

Mekanisme kerja vitamin K adalah penyerapan vitamin K oleh tulang. Nutrisi vitamin K disuplai dengan menambahkan gugus asam karboksilat fungsional ke residu protein asam amino glutamat (Glu), untuk membentuk gamma karboksiglutamat (Gla).

Di dalam residu gamma-karboksiglutamat, adanya dua molekul COOH (karboksil asam) pada karbon yang sama memungkinkannya untuk mengkelat ion kalsium. Dengan cara ini pengikatan ion kalsium paling sering mempengaruhi aksi embekuan atau pengikatan enzim Gla-protein, seperti faktor vitamin K dependent. Sel ke bentuk tereduksi yang dikenal sebagai vitamin K hidrokuinon, dikatalisis oleh vitamin K epoksida enzim reduktase (VKOR) lipoprotein yang bersirkulasi seperti CR dan LDL ke tulang manusia.

LRPI dan LDLR dinyatakan dengan osteoblas. Studi penyerapan vitamin K telah menunjukkan bahwa sebagian besar osteoblas memperoleh phyloquinone dengan cara CR dan MK-7 melalui LDL. Enzim lain yang disebut gamma-glutamyl carboxylate atau vitamin-Kdependent karboksilat kemudian mengoksidasi vitamin-K hydrochinone, dan memungkinkan karboksilasi Glu untuk Gla.

Vitamin K dimetabolisme di hati dan diekskresikan dalam urine dan empedu terutama dalam bentuk konjugat glukuronida dari dua karboksilat utama aglikon, dengan rantai samping masing-masing 5-7C. Dengan 20% dari dosis yang disuntikkan diekskresikan ke dalam urin, sedangkan 40% terjadi proses karboksilasi hanya jika enzim karboksilase dapat secara bersamaan mengoksidasi vitamin K hidrokuinon menjadi vitamin K epoksida. Dikatakan bahwa karboksilasi dan reaksi epoksidasi saling terkait. Vitamin K epoksida kemudian diubah oleh VKOR menjadi vitamin K. Reduksi dan reoksidasi akibat vitamin K, bersama dengan karboksilasi Glu, dinamakan siklus vitamin K, siklus ini berlangsung di Retikulum Endoplasma sel hati (Gambar 1.13)

Seseorang jarang kekurangan vitamin K1, sebagai bagian dari vitamin K1 yang terus didaur ulang dalam sel (Gambar 1.13). Aktivitas VKOR dihambat oleh warfarin dan 4-hidroksikumarin lainnya. Dengan demikian akan menurunkan tingkat vitamin K hidrokuinon dan vitamin K dalam jaringan, sehingga membuat reaksi *glutamyl carboxylated* tidak efisien. Akibatnya, pembekuan faktor dengan Gla yang dihasilkan tidak mencukupi. Dengan kurangnya Gla pada ujung amino dari faktor-faktor ini, mereka tidak mengikat secara efisien ke endothelium pembuluh darah dan tidak dapat merangsang koagulasi untuk mengaktifkan pembentukan pembekuan ketika terjadi cedera jaringan. Karena itu sulit untuk memperkirakan dosis warfarin untuk menekan koagulasi, warfarin harus dipantau secara ketat untuk mencegah overdosis.

Gamma-karboksilasi berdasarkan vitamin K memungkinkan faktor pembekuan ini untuk mengikat ion kalsium ( $\text{Ca}^{2+}$ ) dan untuk mengaktifkan mekanisme pembekuan. Faktor pembekuan II (protrombin), X, IX dan VII membentuk pusat koagulasi kaskade, sedangkan protein Z cenderung meningkatkan fungsi trombin, yang merupakan enzim kunci dalam koagulasi darah, melalui peningkatan pengikatan trombin ke sel membran fosfolipid. Protein Z, protein S, dan protein C memiliki fungsi penghambatan koagulasi. Protein ini mengontrol (waktu koagulasi) dan mengelola kaskade koagulasi. Protein S adalah subjek studi dasar vitamin K dependent protein karena kompleksitas dan berbagai fungsi dalam treatment tulang tubuh keropos pada wanita pascamenopause. Pengobatan wanita pasca menopause dengan aphyloquinone dosis besar ( $1000\mu\text{g/hari}$ ) plus vitamin D, magnesium, kalsium dan seng lebih dari jangka waktu 3 tahun terbukti mengurangi tulang keropos pada leher femoralis tetapi tidak pada tulang belakang pada wanita berusia antara 50 dan 60 tahun. Selain itu, secara acak, plasebo ganda terkontrol, diberikan suplemen harian 5 mg phylloquinone pada 440 wanita pascamenopause yang menderita osteopenia selama 2 tahun yang diinduksi lebih dari 50 persen terbukti menurunkan fraktur klinis pada perbandingan dengan plasebo. Tubuh manusia menyimpan jumlah vitamin K yang sangat rendah dan dengan cepat menghabiskan reservasinya jika tidak ada asupan makanan secara berkala. Proses daur ulang vitamin K (siklus vitamin K) memungkinkan sedikit vitamin K untuk secara aktif terlibat berkali-kali dalam karboksilasi protein gamma, sehingga mengurangi kebutuhan vitamin K dari makanan. Kekurangan vitamin K menyebabkan waktu koagulasi yang lama dan meningkatkan bahaya perdarahan parah, kehilangan darah, memar, penyembuhan luka yang buruk dan anemia.



Pengaruh vitamin K pada penyakit kardiovaskular, kalsifikasi pembuluh darah merupakan proses aktif yang menyebabkan penyakit kardiovaskular (CVD) yang menyebabkan pembunuh terbesar di dunia. Protein yang bergantung pada vitamin K diketahui merangsang mekanisme perlindungan untuk mencegah terjadinya kalsifikasi pembuluh darah. Pengaruh vitamin K pada kesehatan tulang.

Vitamin K dan vitamin D penting untuk mengaktifkan matriks karboksilasi yang bergantung pada vitamin K. Metabolisme protein gla (MGP) dan mungkin dapat mengurangi deposit kalsium pada lapisan pembuluh darah tulang yang sehat. Tiga protein tergantung pada vitamin K yang diisolasi dari tulang: protein S, matriks protein Gla (MGP) dan osteocalcin. Osteocalcin disintesis oleh osteoblast (Sel pembentuk tulang) dan berpartisipasi dalam mineralisasi tulang, setelah kolagen osteocalcin, protein paling penting yang terintegrasi dalam matriks tulang. Sementara vitamin D meningkatkan produksi osteocalcin dan peningkatan jumlah kalsium.

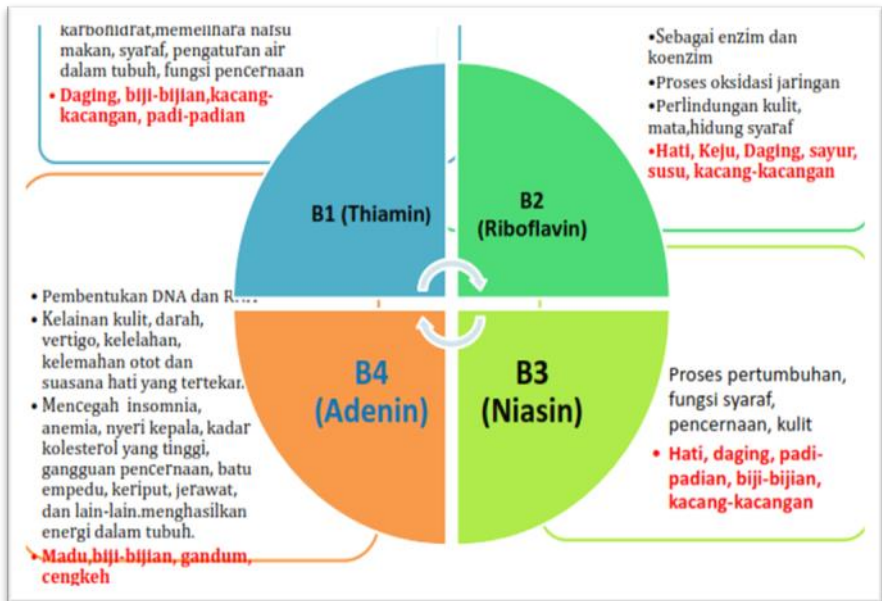
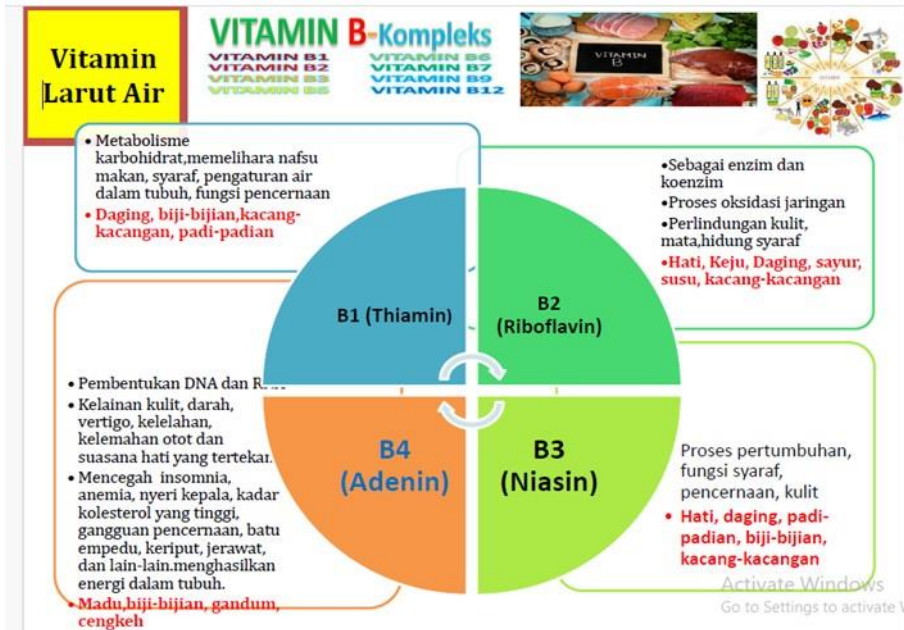
Vitamin K mengaktifkan osteocalcin melalui ketergantungan karboksilasi vitamin K dari 3 residu asam glutamatnya. Bentuk osteocalcin yang diaktifkan ini akan mengikat dan menyimpan kalsium (hidroksilasi kalsium) fosfat dalam tulang. Osteocalcin dengan karboksilasi yang tidak memadai (misalnya karena kekurangan vitamin K) dapat menyebabkan hilangnya kepadatan tulang. Protein Matrix Gla terletak di tulang, tulang rawan, dan jaringan lunak seperti pembuluh darah. Studi eksperimental menunjukkan bahwa MGP menghambat pengerasan tulang rawan dan jaringan lunak, sementara itu meningkatkan pertumbuhan dan perkembangan tulang normal dan peningkatan konsentrasi darah tidak aktif, undercarboxylated MGP dianggap sebagai kemungkinan indikator untuk aterosklerosis(awal). Sebuah studi kasus kontrol menemukan bahwa pemberian 500 mikrogram per hari

vitamin K1 selama 3 tahun bisa menunda perkembangan kalsifikasi dini arteri koroner di antara pria dan wanita yang lebih tua. Selain efeknya pada MGP, Vitamin K mungkin menghambat kalsifikasi pembuluh darah melalui mekanisme antiinflamasi. Kalsifikasi vaskular adalah suatu proses peradangan kronis yang melaluinya, makrofag diaktifkan sehingga menyebabkan produksi sitokin proinflamasi seperti TNF- $\alpha$ , onkostatin.

## **1.2. Vitamin Larut Air**

Vitamin yang larut dalam air terdiri dari kelompok campuran senyawa kimia. Klasifikasi mereka menjadi kelompok kimia spesifik tergantung pada kedua karakteristik kimia dan fungsinya. Sebutan huruf (vitamin B1, B2, B3, C, dll.) mewakili sebagian sisa-sisa dari penemuan masa lalu sebagai pertumbuhan diet tertentu atau faktor kuratif. Vitamin adalah novel dalam peran mereka sebagai agen "eksternal" atau agen pengatur diet. Vitamin larut air sebagian besar telah berevolusi berperan untuk:

- 1) Fungsi kofaktor dan/atau ko-substrat spesifik,
- 2) Sebagai agen pengatur, atau
- 3) Sebagai antioksidan.



**Gambar 1.14.** Jenis-jenis vitamin B  
Sumber: Sumartini, 2020

Semua bagian dari vitamin menjalani fungsi spesifik dan metabolisme terkontrol modifikasi sebelum aktivasi atau konversi menjadi bentuk-bentuk fungsional. Beberapa Vitamin larut air misalnya, niasin, riboflavin, dan asam askorbat berfungsi terutama sebagai kofaktor redoks. Peran *thiamin*, *pyridoxine* (vitamin B-6) dan asam *pantotenat* (sebagai komponen koenzim A dibedakan karena pentingnya fungsi masing-masing vitamin untuk karbohidrat, protein dan asam amino, dan transpor asil dan asetil, asam folat, vitamin B-12 (*cobalamin*), dan biotin akan dibahas dalam kaitannya dengan peran mereka dalam reaksi transfer karbon tunggal atau CO<sub>2</sub>.

#### **1.1.5. Vitamin C**

Vitamin C atau asam askorbat merupakan vitamin yang dibutuhkan untuk mencegah dan memperbaiki kekurangan vitamin C. Kekurangan vitamin C dapat menyebabkan penyakit kudis. Selain itu, vitamin C juga memiliki efek antioksidan yang membantu tubuh melawan radikal bebas. Selain itu fungsi utama Vitamin C membantu dalam pemeliharaan kesehatan dan masa penyembuhan, mengobati sariawan, gangguan jaringan ikat, skorbut, dan dibutuhkan dalam pembentukan jaringan ikat dan kolagen. Fungsi asam askorbat terutama sebagai kofaktor untuk monomicrosomal dan dioksigenase (*hidroksilase*) dan oksidase. Pada kebanyakan hewan, asam askorbat disintesis dari glukosa di hati. Pada burung dan reptil, sintesis asam askorbat terjadi terutama di ginjal. Pada manusia yang membutuhkan asam askorbat, misalnya, manusia, kekurangan *gulonolakton oksidase*, langkah terakhir dalam sintesis asam askorbat adalah pemenuhan yang berasal dari sumber makanan.



**Gambar 1.15.** Sumber Makanan Mengandung Vitamin C

Sumber: <https://www.alodokter.com/daftar-makanan-yang-mengandung-vitamin-c-tinggi>

Asam askorbat (*asam 2,3-enial-glulonat*) adalah agen zat pereduksi seluler yang kuat dan secara umum penting sebagai agen transporter asam L-askorbat. Preferensi untuk pengangkut ini adalah untuk asam L-askorbat. Serapan asam dehidroaskorbat difasilitasi oleh heksosa pengangkut. Dalam jaringan, konsentrasi tertinggi asam askorbat ditemukan pada kelenjar adrenal dan hipofisis diikuti oleh hati, timus, otak, dan pankreas. Pada hewan diabetes, kandungan asam askorbat jaringan sering tertekan, yang mungkin karena kompetisi untuk penyerapan antara bentuk dehydro asam askorbat dan glukosa.



**Gambar1.16 .** Struktur Kimia Vitamin C

Sumber: <https://mastahuku.netlify.app/biologi/vitamin-c/>

## Mekanisme Penyerapan Vitamin C

Asam askorbat dipertahankan dalam sel melalui beberapa mekanisme. Asam askorbat reduktase mempertahankan asam L-askorbat dalam bentuk tereduksi, yang kurang rentan terhadap difusi. Dalam sebagian besar sel, jumlah terukur asam askorbat juga dipertahankan sebagai turunan 2-sulfat. Kemampuan untuk mempertahankan asam askorbat dalam reduksi dan sebagai asam askorbat-2-sulfat penting dalam memelihara kadar asam askorbat seluler.

Di neonatus, glutathione juga sangat penting untuk regenerasi asam askorbat. Dalam hal ini, argumen dapat dibuat untuk kebutuhan diet asam askorbat pada neonates dari beberapa spesies hewan di mana orang dewasa tidak memiliki dalam kebutuhan dietnya. Misalnya, kadar glutathione relative rendah pada jaringan tikus dan tikus neonatus. Sebagai antioksidan, asam askorbat dioksidasi menjadi *dehydroascorbic* karena potensi reduksinya yang tinggi. Keduanya merupakan hidrogen dari kelompok enediol terdisosiasi, yang bersifat asam, ada kebutuhan untuk konservasi, karena asam *dehydroascorbic* mudah terdegradasi.

Glutathione bentuk tereduksi, di dalamnya berfungsi sebagai substrat pereduksi untuk glutaredoksin, enzim yang dapat mempertahankan asam askorbat dalam keadaan tereduksi. Sebagai agen pereduksi seluler, asam askorbat berperan sangat penting. Vitamin C berfungsi sebagai kofaktor untuk oksidasi fungsi campuran yang menghasilkan penggabungan molekul oksigen ke berbagai jenis substrat. Contohnya termasuk dalam hidroksilasi prolin dalam kolagen, elastin, komplemen C1q, dan *asetilkolin esterase*. Beberapa dari hidroksilase yang bergantung pada P-450 yang melakukan hidroksilasi dari steroid, obat-obatan, dan xenobiotik lainnya yang juga memiliki kebutuhan asam askorbat. Langkah-langkah hidroksilasi yang bergantung pada asam askorbat juga terjadi dalam biosintesis karnitin dan hidroksilasi tirosin dalam

pembentukan katekolamin. Paling tidak dari enzim yang terlibat dalam proses ini membutuhkan logam enzim, dimana peran asam askorbat adalah untuk mempertahankan logam (biasanya Cu atau Fe) dalam keadaan tereduksi.

Kebutuhan Vitamin C saat ini untuk manusia adalah 75 mg per hari (RDA untuk orang dewasa yang sehat) atau 30-60 mg per 1000 kkal atau 4 MJ makanan. Karena mekanisme untuk mengatur secara homeostatis asam askorbat, bukti toksisitas kelebihan mengkonsumsi asam askorbat, selain gangguan lambung, dilaporkan jarang terjadi (misalnya, diare, dan iritasi lambung). Bukti dari toksisitas askorbat, bagaimanapun, dapat bermanifestasi, ketika asam askorbat dikonsumsi dalam jumlah gram per hari. Menariknya, asupan asam askorbat dalam kisaran ini dapat menyebabkan penurunan produksi histamine dan memfasilitasi pengurangan nitrosamin dan mempromosikan agen kanker. Interaksi dengan nitrosamin terjadi terutama di perut, dan kimia di alam karena potensi asam askorbat berfungsi sebagai agen pereduksi yang sangat baik. Efek anti histamin dari paparan farmakologis dari asam askorbat sebagian menjadi dasar penggunaannya sebagai analgesik. Ketika dikonsumsi melebihi kebutuhan metabolik, tingkat jaringan asam askorbat dipertahankan secara homeostatik. Homeostatis terjadi dengan induksi dekarboksilase asam askorbat, yang memulai peningkatan degradasi askorbat menjadi  $\text{CO}_2$  dan fragmen  $\text{C}^{-4}$  atau  $\text{C}^{-5}$ . Ketika diberi makan melebihi kebutuhan metabolik, tingkat jaringan asam askorbat dipertahankan secara homeostatik. Homeostatis terjadi dengan induksi dekarboksilase asam askorbat, yang memulai peningkatan degradasi askorbat menjadi  $\text{CO}_2$  dan fragmen  $\text{C}^{-4}$  atau  $\text{C}^{-5}$ .

## 1.1.6. Vitamin B



**Gambar 1.17.** Jenis-jenis Vitamin Larut Air  
Sumber: Sumartini(2020)

### 1.1.6.1. Vitamin B1 (Thiamin)

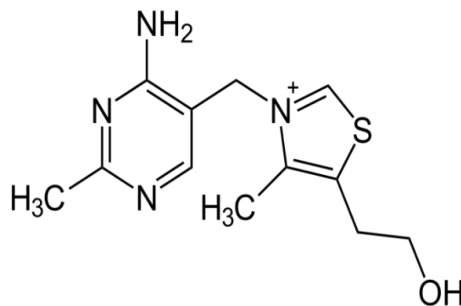
Thiamin hadir di sebagian besar makanan nabati dan hewani, tetapi terutama menonjol dalam biji-bijian, daging organ, babi, telur, kacang-kacangan, dan kacang-kacangan. Banyak memasak dan mengolah makanan kondisi negatif akan mempengaruhi konten thiamin, karena tidak stabil dalam kondisi netral dan basa, dan dengan panas, oksigen, dan paparan belerang. Penggilingan keseluruhan biji-bijian akan menghilangkan dedak di mana thiamin dan vitamin B lainnya berada dalam konsentrasi terbesar. Namun, sekarang praktik fortifikasi telah mengembalikan kadar thiamin dalam tepung dan produk berbasis biji-bijian.





**Gambar 1.18.** Sumber Makanan yang Mengandung Vitamin B1  
 Sumber: <https://nutritionbymia.com/thiamin>

Vitamin B1 (tiamin) merupakan nutrisi yang berperan penting dalam produksi energi. Tubuh juga membutuhkan vitamin ini untuk menjaga berfungsinya sistem saraf, jantung, dan otot dengan baik. Seperti vitamin B kompleks lainnya, tiamin adalah vitamin yang larut dalam air. Tiamin makanan diserap di usus kecil dan menyebar ke seluruh tubuh melalui aliran darah. Jika Anda memiliki terlalu banyak vitamin B1, maka akan dikeluarkan melalui urin. Tiamin ditemukan dalam makanan sehari-hari sebagai suplemen multivitamin. Asupan vitamin B1 yang cukup bermanfaat bagi tubuh. Penelitian tiamin memainkan peran penting dalam membentuk pemahaman awal tentang fungsi dan pentingnya vitamin.



**Gambar 1.19.** Struktur Kimia Vitamin B1  
 Sumber: Arkam (2021)

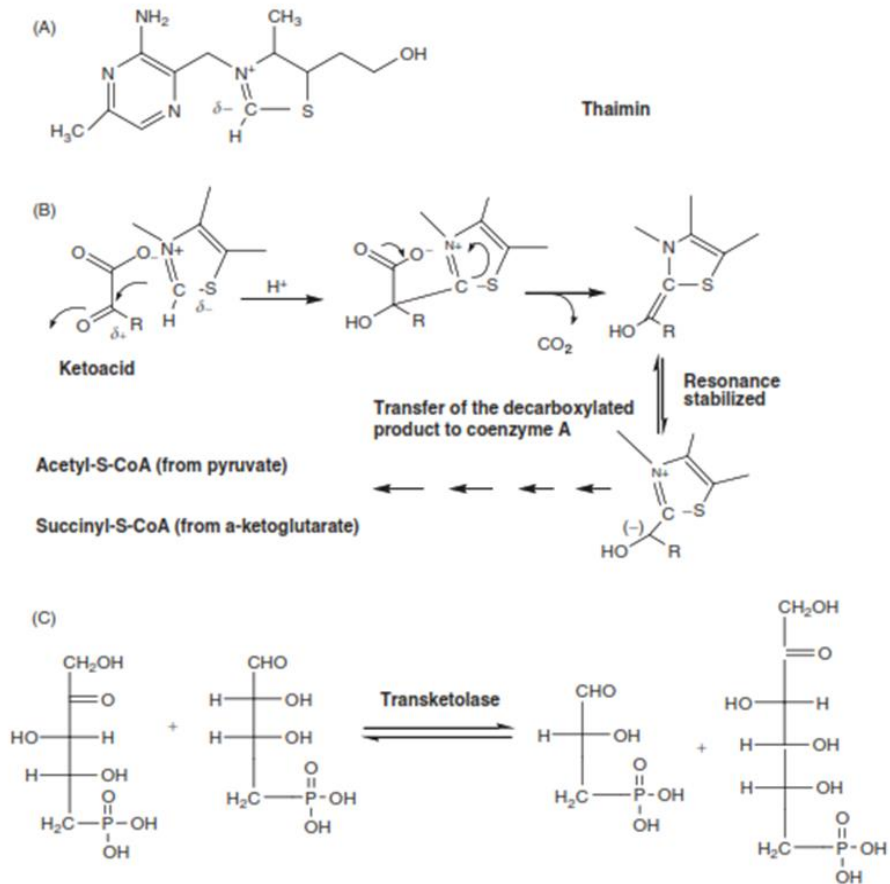
Struktur kimia Thiamin (Gambar 1.19) cincin lima anggota (tiazol) dari thiamin mengandung susunan atom (-N=CH-S-) disebut ylid. Karbon pusat memiliki karakter karbanion yang bertindak sebagai kaya elektron pusat reaksi yang umumnya dicirikan sebagai dekarboksilasi dan transketolasi. Thiamin tidak stabil terhadap panas atau alkali.

### **Mekanisme Penyerapan Vitamin B1 (Thiamin)**

Thiamin terjadi dalam tubuh manusia sebagai thiamin bebas dan bentuk mono-, di-, dan trifosforilasi: tiamin monofosfat, tiamin pirofosfat (TPP), thiamin diphosphate, dan thiamin triphosphate (TTP), yang banyak ditemukan di jaringan saraf. TPP dan TTP adalah bentuk kofaktor tiamin. Thiamin sangat penting untuk pemanfaatan karbohidrat sebagai sumber energi, karena peran dalam regulasi siklus TCA, dan gangguan dalam pentosa fosfat terkait jalur karbohidrat. Dalam siklus TCA, prinsip enzim adalah *piruvat dehidrogenase* dan *-ketoglutarat dehidrogenase*.

Enzim Thiamin mengkatalisis dekarboksilasi piruvat dan ketoglutarat. TPP juga merupakan kofaktor untuk reaksi transketolase. Transketolase merupakan kegiatan sentral dalam urutan metabolisme yang dikenal sebagai jalur pentosa fosfat. Salah satu perantara terpenting dari ini jalurnya adalah gula *ribosa-5-fosfat*, *5-karbon terfosforilasi*, yang diperlukan untuk sintesis ribonukleotida berenergi tinggi, ATP, GTP, asam nukleat, DNA dan RNA, dan koenzim NADPH yang mengandung niasin, yang penting untuk beberapa reaksi biosintesis. Defisiensi tiamin dapat menyebabkan penurunan produksi NADPH, yang mempengaruhi proses sintesis, seperti biosintesis asam lemak. Selain itu, terbukti dari gangguan neurologis disebabkan oleh defisiensi tiamin sehingga tiamin memainkan peran penting dalam fungsi saraf. Di Otak, TTP berfungsi

dalam ion transportasi. Konsentrasi thiamin di otak tahan terhadap perubahan konsentrasi makanan.



**Gambar 1.20.** Mekanisme Vitamin B1

Sumber: Arkam, 2021

Stimulasi dari saraf menghasilkan pelepasan tiamin monofosfat dan tiamin bebas dengan penurunan tiamin seluler pirofosfat yang menyertainya dan tiamin trifosfat dan perubahan di Na-gradien.

Manusia kekurangan thiamin, akan berdampak penyakit beri-beri, dan tergantung pada sistem yang terlibat. Fitur utama beri-beri kering (lumpuh atau gugup) adalah neuropati perifer, termasuk refleks abnormal (berlebihan),

sensasi berkurang, dan kelemahan pada kaki dan lengan. Nyeri otot dan nyeri sendi juga merupakan ciri kekurangan thiamin. Ketika manifestasi kardiovaskular terjadi. Tanda-tandanya meliputi pembesaran pembuluh darah, detak jantung cepat terjadi, dan edema. Pada akhirnya, kegagalan jantung kongestif dapat menjadi penyebab kematian. Beri-beri serebral bisa menyebabkan ensefalopati. Tanda-tandanya termasuk gerakan mata yang tidak normal, pendirian dan kelainan gaya berjalan, dan kelainan pada fungsi mental, misalnya, kebingungan.

Persyaratan untuk thiamin adalah 1,1-1,2 mg /hari atau 0,5 mg/ 1000 kkal atau 4 MJ diet. Faktor yang mempengaruhi persyaratan adalah asupan yang tidak memadai, berat, mengerahkan tenaga fisik, demam, hamil, menyusui, dan pertumbuhan remaja, atau paparan zat antigizi atau zat berbahaya, seperti tanin, alkohol (cukup untuk menyebabkan kondisi radang usus), dan tiaminase, enzim dalam banyak makanan, moluska tertentu, dan otot ikan. Perorangan yang biasa makan ikan air tawar mentah, kerang mentah, dan pakis berisiko lebih tinggi kekurangan thiamin karena makanan ini mengandung tiaminase. Misalnya, sindrom neurologis, termasuk *pyrithiamine* dan *oxythiamine*, yang menghambat fosforilasi thiamin. amprolium (coccidiostat) dan menghambat penyerapan thiamin.

#### **1.1.6.2. Vitamin B2 (Riboflavin)**

Sumber terbaik riboflavin adalah susu dan produk susu. Sumber lain yang baik adalah daging, terutama hati, telur, sayuran berdaun hijau tua, dan sereal sarapan. Hari ini, susu dan sereal sarapan membuat kontribusi terbaik menjadi riboflavin. Riboflavin stabil terhadap pH, asam, panas, dan oksigen tetapi sangat rentan terhadap kerusakan oleh cahaya, mengakibatkan senyawa lumiflavin dan lumichrome tidak aktif. Senyawa ini dan senyawa oksidatif

lainnya produk dapat berkontribusi pada *off-flavors* karena kerusakan lipid oksidatif.

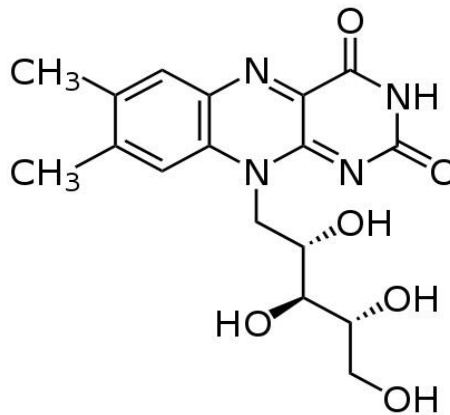


**Gambar 1.21.** Sumber Makanan yang Mengandung Vitamin B2

Sumber: <https://jovee.id/vitamin-b5-manfaat-kebutuhan-serta-sumber-terbaiknya/>

Vitamin B2 atau riboflavin termasuk dalam vitamin B kompleks, yang diperlukan untuk fungsi sel normal. Riboflavin bekerja dengan mengubah karbohidrat menjadi adenosin trifosfat (ATP), yang merupakan sumber energi untuk otot. Kegunaan vitamin ini beragam dan melibatkan banyak sistem tubuh seperti pencernaan, sirkulasi dan fungsi otak.

Riboflavin adalah salah satu vitamin B pertama yang diidentifikasi. Awalnya, panas dianggap sebagai faktor stabil yang bertanggung jawab untuk pencegahan pellagra. Riboflavin hadir dalam jaringan dan sel sebagai FAD (*flavin adenine dinucleotide*) dan FMN (*flavin adenin mononukleotida*). Mode dan FMN adalah kofaktor dalam proses aerobik, biasanya sebagai kofaktor untuk oksidase, meskipun FAD juga dapat berfungsi dalam lingkungan anaerobik sebagai kofaktor dehidrogenase.



**Gambar 1.22.** Struktur Kimia Vitamin B2  
Sumber: <https://www.pngegg.com/id/png-ezygd>

Flavin, seperti turunan riboflavin (Gambar 1.22), cocok untuk reaksi katalisis satu elektron, transfer satu proton. Oksigen sering digunakan sebagai co-substrat dalam reaksi redoks yang dikatalisis oleh FAD dan FMN yang mengandung enzim. Pembentukan ikatan karbon rangkap dan senyawa redoks yang mengandung belerang, misalnya asam lipoat, dikatalisis juga oleh flavoprotein. NADP(H) H umumnya melayani sebagai reduktor dalam proses regenerasi MOE dan FMN. Riboflavin memiliki beberapa sebutan, beberapa yang masih digunakan (vitamin B-2, vitamin G, *ovoflavin*, *uroflavin*, *laktoflavin*, *heptoflavin*).

Riboflavin dipisahkan dan diidentifikasi dari vitamin B lainnya, karena tahan panas, tetapi tidak stabil ringan dan berpendar. Nama kimia riboflavin adalah *6,7dimetil-9-(d-1 -ribityl) isoalloksazin*. Penyimpangan di struktur bisa nyata memengaruhi aktivitas rantai samping poliol harus dalam bentuk-D dan substitusi di posisi lain menyebabkan hilangnya aktivitas ke senyawa yang memiliki aktivitas penghambatan, misalnya., 5,6-dimetil (isoriboflavin).

## **Mekanisme Penyerapan Vitamin B2 (Riboflavin)**

Seperti kebanyakan vitamin yang larut dalam air, riboflavin diserap di bagian proksimal usus kecil oleh pembawa yang dimediasi proses. Riboflavin tidak larut secara khusus. Di sana terdapat batas atas untuk ketersediaan riboflavin's, yang sebagian ditentukan oleh kelarutan. Dalam hal ini, karakteristik kimia penting yang dikaitkan ke bagian ribosom dan ditunjukkan dengan peningkatan kelarutan air. *Isoalloksazin* terutama tidak larut dalam air. Serapan riboflavin usus secara adaptif diatur oleh level diet dan oleh protein kinase intraseluler spesifik yang dimediasi peraturan jalur. Suplementasi berlebihan dengan jumlah farmakologis riboflavin dapat menyebabkan dalam serapan riboflavin, kekurangan riboflavin menyebabkan gangguan penyerapan pada usus.

Faktor itu telah ditampilkan mengganggu usus normal riboflavin serapan proses termasuk alkohol dan obat trisiklik tertentu (misalnya, *klorpromazin*). Transportasi ke jaringan dapat terganggu oleh asam borat dan obat-obatan tertentu, misalnya teofilin dan penisilin, yang menggantikan riboflavin (atau FMN) dari protein pengikat yang diketahui (misalnya., albumin > globulin > fibrinogen). Setelah berada di dalam sel, riboflavin difosforilasi menjadi FMN. kebanyakan sel sekitar 20% dari riboflavin hadir sebagai FMN dan sisanya, lebih dari 70% hadir sebagai FAD dengan 1 atau 2% sebagai riboflavin bebas. Urine adalah rute utama ekskresi untuk riboflavin, meskipun beberapa FMN diekskresikan dalam empedu .

Persyaratan untuk riboflavin, 1,1 hingga 1,3 mg/hari, lebih rendah daripada niasin atau asam askorbat karena riboflavin terkait erat dengan enzim yang berfungsi sebagai kofaktor, dan karenanya banyak berubah lebih lambat dari niasin atau asam askorbat, FMN terikat secara kovalen (misalnya, seperti pada suksinat) dehidrogenase. Riboflavin tidak beracun, terutama karena

penyerapannya yang diatur di dalam usus, dan kelarutannya yang relatif rendah dibandingkan dengan vitamin B lainnya.

Pada manusia, tanda-tanda defisiensi riboflavin meliputi: lesi pada rongga mulut, bibir, dan sudut mulut (*cheilosis*), radang lidah (*glossitis*) dan dermatitis seboroik yang menyertainya. Seperti defisiensi vitamin B lain yang parah, papila filiformis lidah juga bisa hilang dengan perubahan warna dari merah muda ke magenta. Anemia dan peningkatan vaskularisasi mata hadir pada beberapa hewan dengan defisiensi riboflavin.

### 1.1.6.3. Vitamin B3 (NAD)

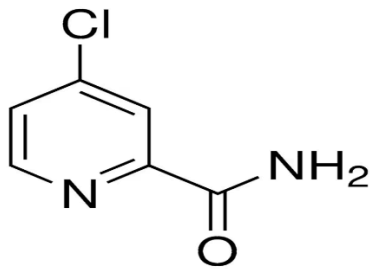


**Gambar 1.23.** Sumber Makanan yang Mengandung Vitamin B  
Sumber: <https://pyfahealth.com/blog/fungsi-vitamin-b-complex/>

NAD (Vitamin B3) dan bentuk terfosforilasinya, NADP, adalah dua koenzim berasal dari niasin. Keduanya mengandung piridin 3-karboksamida yang tidak tersubstitusi yang penting dan berfungsi dalam reaksi redoks dengan potensial kimia mendekati  $-0,32$  V. Sebenarnya semua sel mampu mengkonversi niasin menjadi NAD. Sebagian besar enzim yang membutuhkan NAD adalah oksidoreduktase (dehidrogenase). NAD mengkatalisasi beragam rangkaian reaksi, seperti konversi alkohol dan poliol menjadi aldehida atau







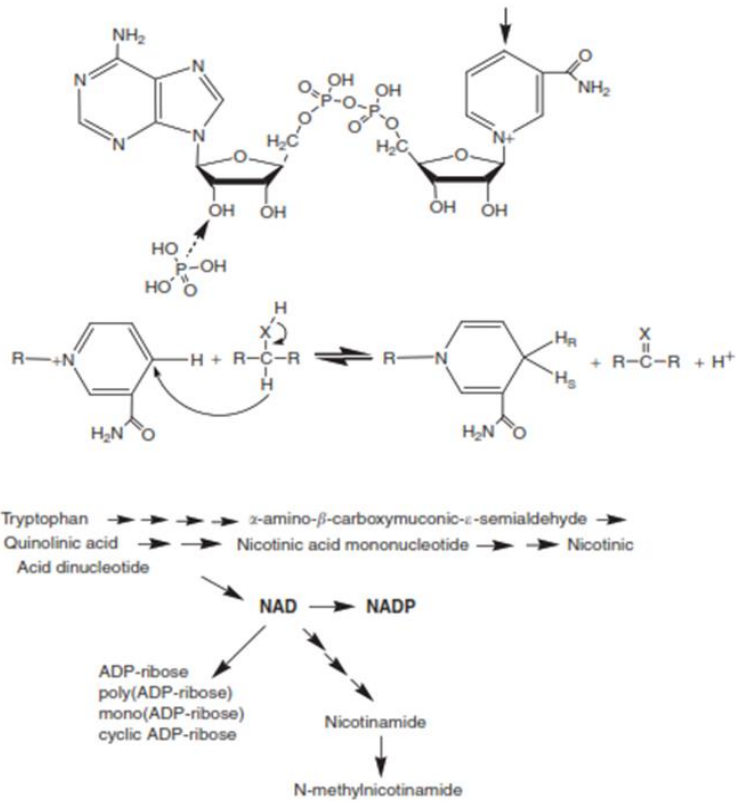
**Gambar 1.25** . Struktur Kimia Vitamin B3

Sumber: <https://www.dreamstime.com/vitamin-b-nicotinic-acid-niacin-vitamin-pp-molecular-chemical-formula-infographics-vector-illustration-vitamin-b-nicotinic-image151507519>

Transporter untuk penyerapan niacin telah diidentifikasi, tetapi tidak dicirikan dengan baik seperti beberapa vitamin pengangkut lainnya. Sebagaimana dicatat, NAD mungkin berasal dari triptofan melalui apa yang disebut jalur *quinolinate*. Setengah niasin sebagai NAD atau NADP diasosiasikan dengan enzim; sisanya tersedia sebagai substrat untuk mono-dan reaksi poliribosilasi yang penting dalam berbagai enzim. Dalam inti sel, poliribosilasi histon spesifik mendahului proses normal perbaikan DNA. Ketika niasin berlebihan, kebanyakan mamalia mengubahnya menjadi *N-methylnicotinamide*, yang diekskresikan di ginjal pada ambang yang rendah.

Niasin dibutuhkan dalam jumlah yang sesuai dengan 14 - 16 mg per hari atau 4-6 mg /1000 kkal atau 4 MJ diet . Persyaratan niasin sering dinyatakan sebagai ekuivalen, di mana satu setara sesuai dengan 1 mg niasin. Konversi triptofan menjadi niasin menghasilkan sekitar 1 mg atau setara dengan niasin untuk setiap 60 mg triptofan terdegradasi. Di sana terdapat kegunaan terapeutik

## Mekanisme Penyerapan Vitamin B3 (Niasin)

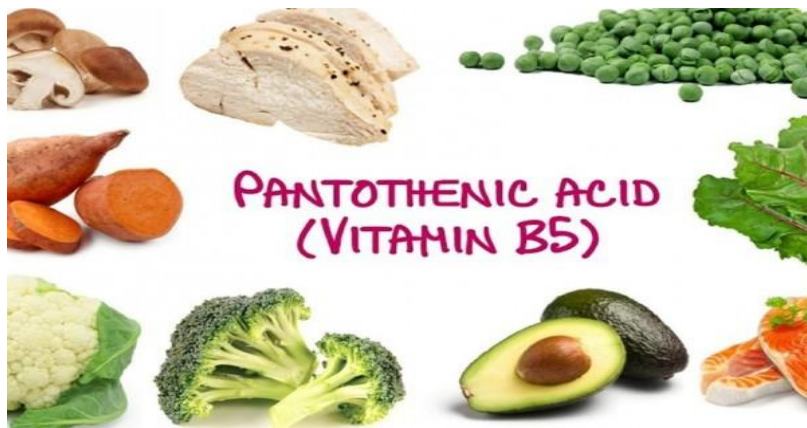


**Gambar 1.26.** Mekanisme Vitamin B3  
Sumber: Kolisax *et al.*, 2005

untuk dosis farmakologis turunan senyawa niasin, ketika aliran darah meningkat. Asam nikotinat dapat menyebabkan vasodilatasi bila dikonsumsi dalam jumlah 100 mg atau lebih. Niasin dalam jumlah gram agen penurun lipid efektif (meningkatkan HDL). Namun, pada beberapa individu, pembilasan, iritasi lambung, dan efek samping serupa lainnya disebabkan oleh dosis farmakologis dapat menghalangi penggunaan asam nikotinat atau niasin.

#### 1.1.6.4. Vitamin B5 (Pantotenat)

Sumber makanan yang baik dari asam pantotenat adalah daging, organ daging, telur, kacang-kacangan dan polong-polongan, sereal dan beberapa sayuran seperti brokoli. Vitamin stabil pada pH netral, tetapi tidak stabil di luar kisaran ini, dan juga rentan terhadap degradasi dengan perlakuan panas. Sumber asam pantotenat adalah biji-bijian, ragi, hati dan telur. Kekurangan asam pantotenat dikaitkan dengan gejala peradangan kulit, keterlambatan pertumbuhan, rambut rontok, rambut rontok dan “kerusakan” berbagai organ, degenerasi testis, tukak duodenum, janin abnormal, semua akibat oksidasi lemak dan karbohidrat yang tidak sempurna. Vitamin B5 bisa Anda peroleh dengan mengonsumsi makanan dan minuman yang mengandung vitamin ini, seperti brokoli, kubis, ubi, kentang, jamur, telur, produk susu, biji-bijian, jeroan, dan daging. Suplemen vitamin B5 dapat digunakan jika asupan vitamin B5 dari makanan tidak mencukupi.

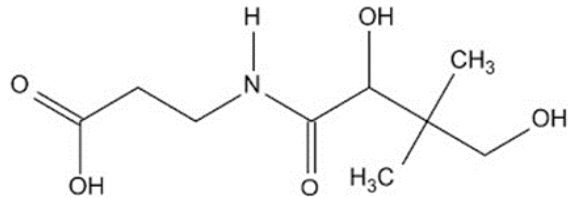


**Gambar 1.27.** Sumber Makanan yang Mengandung Vitamin B5

Sumber: <https://www.mastah.org/macam-jenis-vitamin-b-beserta-fungsi-dan-manfaatnya/>

Asam pantotenat adalah urea dari asam pantotenat dan  $\beta$ -alanin. Asam pantotenat merupakan bagian dari koenzim A yang berperan dalam transfer

gugus asetil. Hal ini terjadi melalui asetilasi kolin menjadi asetilkolin dan asetilasi piruvat dekarboksilat untuk membentuk asetilkolin A dalam siklus Krebs. Koenzim A juga terlibat dalam pemecahan asam lemak menjadi asetil-KoA.



**Gambar 1.28.** Struktur Kimia Vitamin B5

Sumber: <https://homesteadontherange.com/2014/09/24/vitamin-b5-pantothenic-acid/>

Roger William menemukan asam pantotenat pada tahun 1933, dan mengamati bahwa asam pantotenat adalah faktor pertumbuhan penting untuk ragi dan bakteri asam laktat. Selama 15 tahun ke depan, asam pantotenik ditampilkan menjadi esensial pada hewan. Asam pantotenik sebagai komponen koenzim A dan sebagai bagian dari *phosphopantotheine*, misalnya, situs pembawa asil dalam protein pembawa asil (ACP). Baru-baru ini, asam pantotenat telah terbukti hadir di sejumlah enzim lain di mana tioester difasilitasi reaksi transfer yang sangat penting.

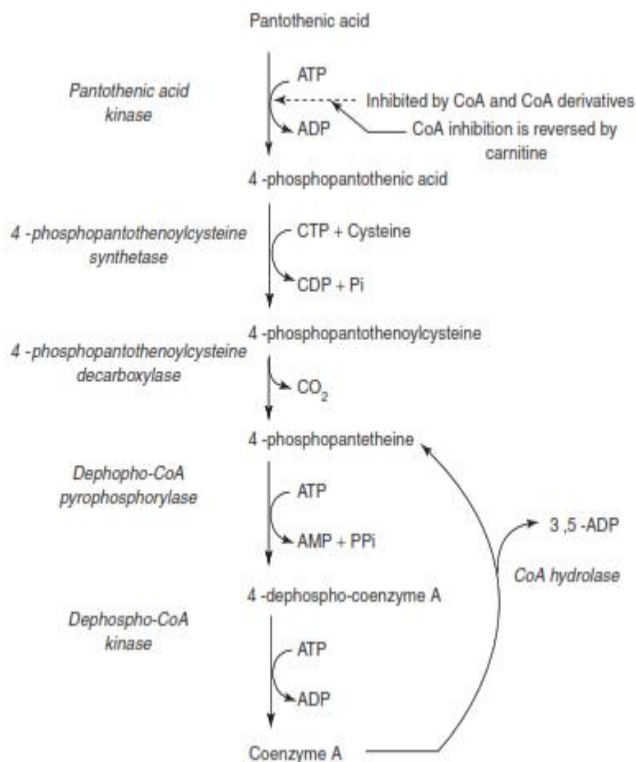
### **Mekanisme Penyerapan Vitamin B5 (Pantotenat)**

Baik Koenzim A (CoASH) dan ACP hadir dalam makanan. Akibatnya, asam pantotenat yang diserap harus terlebih dahulu dilepaskan dari CoASH dan ACP, langkah-langkah yang melibatkan kerja peptidase dan nukleosidase. Mekanisme penyerapan asam pantotenat di usus kecil melibatkan Na yang dimediasi oleh transporter yang sama-sistem ketergantungan yang mengangkut biotin. Demikian pula, penyerapan kolon asam pantotenat ditemukan

melibatkan biotin-Na<sup>-</sup> -tergantung, sistem yang pembawa yang dimediasi. Interaksi antara biotin dan transportasi asam pantotenat juga telah dijelaskan di jaringan lain seperti darah penghalang otak, jantung, dan plasenta, tetapi pentingnya interaksi ini tidak dipahami.

CoASH adalah bagian utama untuk transportasi vektor gugus asil dan asetil dalam reaksi sintetik dan katabolik. Kekurangan ditandai dengan gangguan asetil dan asil metabolisme. Kemampuan untuk memanfaatkan asam lemak sebagai bahan bakar dengan jelas dikompromikan dalam eksperimental kekurangan asam pantotenat.

Di sana juga merupakan peningkatan produksi asam lemak rantai pendek dan keton, yang dapat menyebabkan asidosis metabolik berat. Lesi dermal terjadi karena berasal dari gangguan metabolisme asam lemak. Aspek yang dipilih dari pemanfaatan asam pantotenat dan regulasi CoASH diberikan pada Gambar 1.29. Kebutuhan asam pantotenat adalah sekitar 5 mg per hari atau 2 mg per 1000 kkal (~4 MJ) diet. Asam pantotenat tidak beracun meskipun dikonsumsi dalam gram. Bila digunakan sesuai petunjuk, vitamin B5 umumnya aman dan jarang menimbulkan efek samping. Namun penggunaan vitamin B5 dalam dosis berlebihan dapat meningkatkan risiko sakit perut dan diare.



**Gambar 1.29.** Mekanisme Vitamin B5

Sumber: Bucker,2020

Sintesis CoASH dari asam pantotenat sebagian diatur oleh penghambatan umpan balik, seperti turunan CoA pada langkah yang dikatalisis oleh asam pantotenat kinase. Karnitin juga berperan dalam regulasi. Seperti halnya makanan lainnya, asupan asam pantotenat yang direkomendasikan bervariasi berdasarkan usia. Sesuai peraturan Kementerian Kesehatan Republik Indonesia, kebutuhan gizi vitamin B5 (AKG) adalah sebagai berikut: Usia 0 hingga 5 bulan: 1,7 mg per hari, Usia 6 hingga 11 bulan: 1,8 mg per hari, Usia 1 hingga 3 tahun: 2 mg per hari, 4-6 tahun: 3 mg per hari, 8-9 tahun: 4 mg per hari, 10-80 tahun: 5 mg per hari. Ibu hamil: ditambah 1 mg kebutuhan normal sesuai usia

setiap trimester Ibu menyusui: ditambah 2 mg kebutuhan normal sesuai usia setiap 6 bulan.

#### 1.1.6.5. Vitamin B6 (Piridoksin)

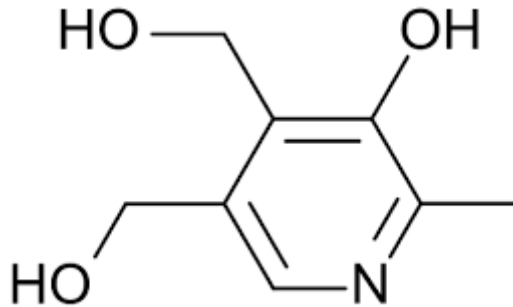
Vitamin B6 atau piridoksin merupakan zat yang berperan sebagai nutrisi penting dalam tubuh dan menyeimbangkan metabolisme tubuh. Obat ini sering digunakan untuk mencegah defisiensi vitamin B6, anemia sideroblastik, dan neuropati perifer. Nama kimia vitamin B6 adalah hidroksimetilpiridin, yang merupakan gugus hidroksimetil. Rumus kimia vitamin B6 adalah  $C_8H_{11}NO_3$ .



**Gambar 1.30.** Sumber Makanan yang Mengandung Vitamin B6  
Sumber: <https://www.enervon.co.id/article/1120/vitamin-b6-baik-untuk-tubuh-ini-manfaat-dan-sumber-terbaiknya>

*Pyridoxine* atau Vitamin B-6 adalah istilah untuk *pyridoxine*, piridoksal, dan piridoksin amina. Piridoksin paling banyak ditemukan pada tanaman, piridoksal dan piridoksin amina paling banyak terdapat pada jaringan hewan. Bentuk aktif dari vitamin B-6 terfosforilasi pada posisi 5, misalnya, pyridoxal-5-phosphate





**Gambar 1.31.** Struktur Kimia Vitamin B6  
Sumber: Goldschmidt, 2013

Vitamin B6 adalah vitamin yang larut dalam air. Vitamin ini ditemukan secara alami di berbagai makanan. Vitamin B6 terdiri dari enam metabolit aktif yaitu vitamin B6, piridoksamin, piridoksamin, dan turunan terfosforilasi yaitu vitamin B6-5-fosfat, piridoksal-5-fosfat, dan piridoksamin-5-fosfat. Sumber terkaya vitamin B6 adalah daging dan biji-bijian. Panas dan cahaya adalah dua perlakuan utama yang berdampak negatif terhadap stabilitas vitamin. Seperti vitamin B lainnya, menggiling biji-bijian menyebabkan hilangnya piridoksin secara signifikan. Menambahkan biji-bijian dapat mengembalikan kadar vitamin B di dalam tubuh.

### **Mekanisme Penyerapan Vitamin B6 (Piridoksin)**

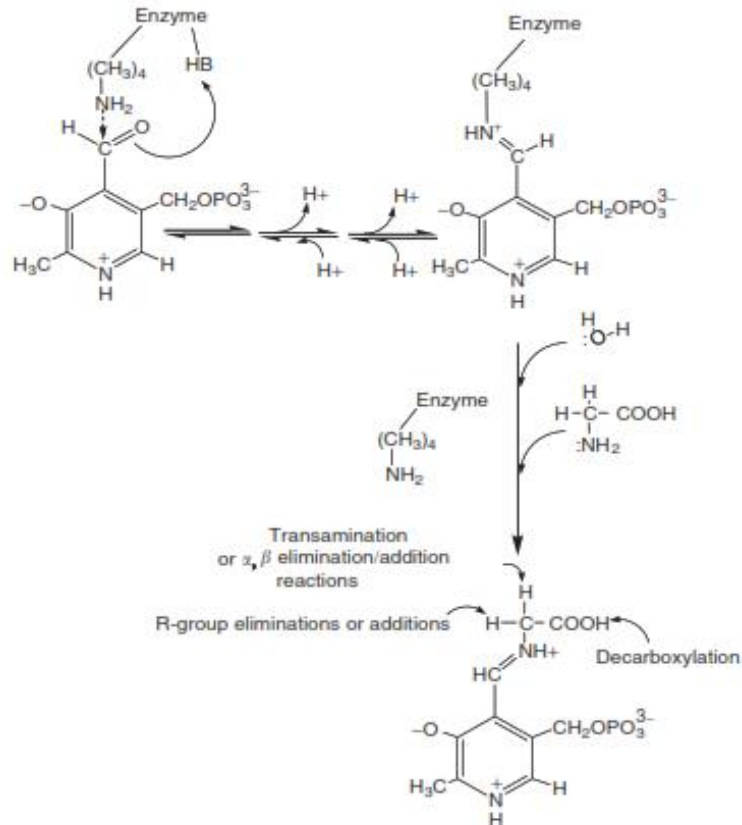
Reaksi yang paling umum dikatalisis oleh vitamin B-6 yang mengandung enzim transaminase. Transaminasi sangat penting untuk interkonversi asam amino menjadi asam -keto yang sesuai. Mekanismenya juga penting untuk reaksi yang menghasilkan campuran asam amino rasemat (misalnya, konversi dari *L-alanin* menjadi *D-alanin*) dan penambahan atau eliminasi reaksi. Contoh lain adalah reaksi eliminasi yakni konversi reaksi konversi menjadi asam piruvat atau konversi homosistein ditambah serin

menjadi sistationin. Dasar dari mekanisme transaminasi adalah penarikan electron dari karbon menghasilkan pelepasan proton, yang mengatur substitusi dan tambahan pada reaksi berikutnya (Gambar 1.29).

Reaksi paling umum kedua melibatkan electron penarikan dari gugus - karbon dan asam karboksilat karbon, yang menghasilkan dekarboksilasi (Gambar 1.29). Reaksi dekarboksilasi termasuk konversi tirosin untuk *tiramin*, *5-hidroksitriptofan* menjadi *serotonin*, histidin menjadi histamin, dan glutamat menjadi asam aminobutirat (GABA). Tanda-tanda kejang yang berhubungan dengan Kekurangan vitamin B-6 dikaitkan dengan aktivitas piridoksal-5 yang tidak mencukupi tergantung *fosfat*, *L-glutamat dekarboksilase*. jenis reaksi ketiga yang melibatkan penarikan electron dari  $\gamma$ -karbon asam amino (Gambar 1.29). Serangkaian tahapan tersebut adalah itu tahap untuk kondensasi hidrida atau reaksi aldol. Contoh reaksi aldol yang baik adalah konversi dari serin menjadi glisin dengan transfer -karbon (sebagai formaldehida) ke kofaktor vitamin lain, asam tetrahidrofolat dalam reaksi karbon tunggal. Contoh lain kondensasi hidrida adalah pembentukan asam -aminolevulinic, yang merupakan langkah pertama dalam biosintesis heme.

Fungsi penting lain dari vitamin B-6 (sebagai *piridoksal-5 -fosfat*), tidak bergantung pada metabolisme asam amino, perannya dalam glikogen fosforilase. Glikogen fosforilase mengkatalisis hidrolisis eter ( $\alpha$ -1 hingga 4 C-O-C) berikatan dalam glikogen untuk membentuk *glukosa-6-fosfat*. Ikatan eter paling baik dikatalisis dimediasi melalui mekanisme asam. Asam proton dalam hal ini diturunkan dari gugus fosfat *piridoksal-5-fosfat*. Mekanisme ini penting yang hanya dijelaskan baru-baru ini. Sebelumnya, diduga bahwa asosiasi vitamin B-6 dengan *glikogen fosforilase* terutama beberapa jenis mekanisme penyimpanan untuk B-6. Vitamin B-6 diserap di usus bagian atas dengan

bergantung pada jalur energi. Otot, ginjal, dan hati kaya akan enzim piridoksal, misalnya, glikogen fosforilase.



**Gambar 1.32.** Struktur Piridoksal-5 -fosfat  
**Sumber:** Bucker, 2020

Gambar 1.32 adalah struktur *piridoksal-5 -fosfat*. Vitamin B-6, sebagai *pyridoxal-5-phosphate*, terkait dengan *pyridoxal-5-phosphate* yang mengandung enzim dengan ikatan amina yang tidak dapat dipisahkan dengan residu lisil pada sisi aktif enzim. Melalui proses transaminasi asam amino ditransfer ke *piridoksal-5-fosfat*, tergantung pada enzim dan sifat proses enzimatik, reaksi transaminasi, eliminasi/penambahan, eliminasi/penambahan

gugus R, atau reaksi dekarboksilasi dapat terjadi dan katabolisme asam amino dan enzim transaminase (dalam otot, hati dan ginjal).

Bentuk utama vitamin B-6 dalam sel adalah piridoksal -5 -fosfat. Konversi bentuk piridoksal dari vitamin menjadi asam piridoksit. Kekurangan vitamin B-6 jarang terjadi karena sebagian besar diet menyediakan jumlah yang memadai. Biasanya, vitamin B-6 terpenuhi pada 1,3 atau lebih mg per hari atau sekitar 0,3 mg per 1000 kkal (4MJ) diet Defisiensi vitamin B-6 yang diinduksi obat dapat terjadi setelah pemberian obat tuberkulostatik, isoniazid (asam isonikotinat hidrazida). Obat ini membentuk turunan *hydrazone* dengan *pyridoxal* atau *pyridoxal fosfat*, yang kemudian dapat bertindak untuk menghambat enzim *pyridoxalcontaining*. Pasien yang menerima terapi isoniazid jangka panjang merespon pemberian vitamin tambahan B-6. *Penicillamine* ( $\beta$ -*dimethylcysteine*) yang digunakan dalam perlakuan penyakit Wilson's juga dapat mengganggu metabolisme B-6 normal karena pembentukan turunan tiazol.

Antagonis alami terhadap vitamin B-6, *linatine* (*1-amino-D-prolin*) hadir dalam biji rami, yang membentuk produk yang stabil dengan *piridoksal fosfat*. Tanda-tanda paling penting dari defisiensi vitamin B-6 berhubungan dengan gangguan metabolisme asam amino. Tanda-tanda neurologis terjadi karena berkurangnya sintesis amina biogenik penting dari prekursor asam amino, dan anemia adalah konsekuensinya dari penurunan sintesis heme. Efek merugikan hanya yang berasal dari suplemen vitamin B-6 dan tidak pernah dari sumber makanan. Dosis piridoksin tinggi kronis dapat menyebabkan gejala neurologis yang menyakitkan sebagai neuropati sensorik. Gejalanya meliputi rasa sakit dan mati rasa dari ekstremitas, dan dalam kasus yang parah kesulitan berjalan. Neuropati sensorik biasanya berkembang pada dosis piridoksin berlebihan dari 1.000 mg per hari. Pada asupan di bawah 200 mg/hari, neuropati sensorik tidak diamati.

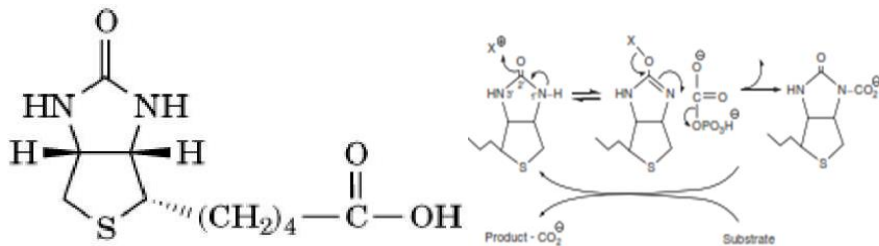
#### 1.1.6.6. Vitamin B7(Biotin)

Biotin adalah vitamin yang termasuk dalam kelompok vitamin B, disebut juga vitamin B7 atau vitamin H. Vitamin ini larut dalam air sehingga tidak bertahan lama di dalam tubuh. Vitamin B7, juga dikenal sebagai vitamin H atau biotin, adalah jenis vitamin yang terlibat dalam metabolisme protein, lemak, dan karbohidrat. Vitamin ini juga dikenal dapat menjaga kesehatan rambut, mata, kulit, hati, dan sistem saraf. Selain itu, biotin juga merupakan nutrisi penting yang dibutuhkan ibu hamil untuk menjaga kesehatan diri dan janinnya.



**Gambar 1.33.** Sumber Makanan yang Mengandung Vitamin B7  
**Sumber:** <https://www.istockphoto.com/id/foto/makanan-yang-kaya-akan-vitamin-b7->

Biotin dalam pangan hewani ditemukan dalam konsentrasi tertinggi di jaringan hati, tetapi juga ditemukan dalam daging, susu, dan kuning telur. Pada tanaman pangan, biotin hadir dalam konsentrasi yang relatif tinggi dalam sebagian besar biji-bijian dan sereal, serta kacang-kacangan, jamur, dan beberapa sayuran hijau. Vitamin B7 relatif stabil untuk sebagian treatment perlakuan pengolahan, dengan pengecualian kondisi panas dan basa, yang mengakibatkan kehilangan kandungannya dalam jumlah kecil.



**Gambar 1.34.** Struktur Kimia Vitamin B7  
Sumber: Bucker, 2020

Biotin berfungsi dalam reaksi karboksilasi enzimatik sebagai kofaktor untuk  $\text{CO}_2$  – memperbaiki enzim. Contohnya meliputi: Karboksilase Asetil CoA, yang penting untuk asam lemak perpaduan, propionil karboksilase CoA, yang berpartisipasi dalam metabolisme asam lemak rantai ganjil, karboksilase piruvat, yang terlibat dalam pembentukan oksaloasetat, dan langkah wajib yang penting dalam glikolisis terbalik dan glukoneogenesis; dan –metilkrotonil CoA, penting dalam metabolisme leusin. Biotin terikat secara kovalen dalam karboksilase dan transkarboksilase oleh ikatan peptidil antara karboksilat bagian asam biotin dan fungsi -amina dari peptidil lisin (memanjang dari rantai samping yang terkait dengan cincin biotin yang mengandung sulfur, yang hanya sebagian digambarkan pada Gambar (1.34). Hasil adisi biotin-lisin disebut biositin. Biocytin dapat dipecah oleh enzim biocytinase untuk menghasilkan biotin bebas.

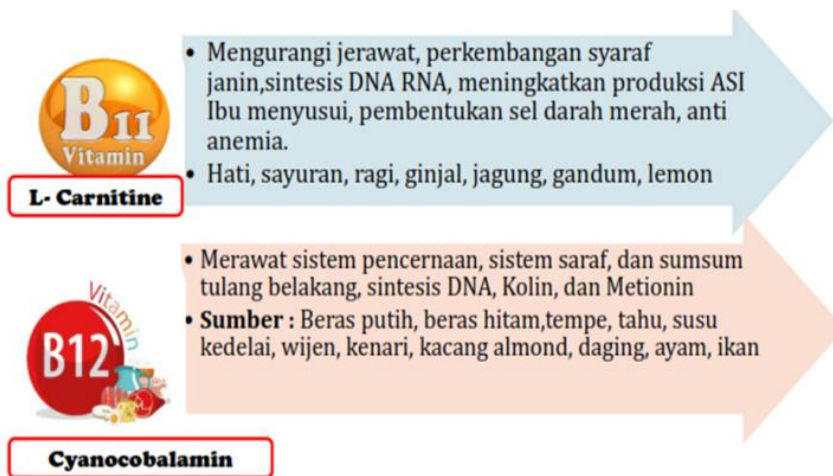
### **Mekanisme Penyerapan Vitamin B7 (Biotin)**

Biotin ditemukan dalam konsentrasi tertinggi di jaringan hati. Di makanan nabati, biotin hadir dalam konsentrasi yang relatif tinggi di sebagian besar sereal. Biotin dalam makanan ada dalam bentuk protein bebas dan bentuk terikat. Bentuk yang terakhir dicerna terlebih dahulu oleh gastrointestinal

protease dan peptidase untuk menghasilkan *biocytin* (*N-biotinil-L-lisin*) dan akhirnya biotin bebas ditambah lisin. Vitamin larut air, mengalami mekanisme khusus yaitu mekanisme Na yang dimediasi tergantung transporter. Pada membran basolateral, biotin keluar dari sel melalui Na<sup>+</sup> bergantung sistem transporter. Pada manusia dewasa, penyerapan biotin secara signifikan lebih tinggi di duodenum dan jejunum dibandingkan ke ileum. Sebagai dicatat sebelumnya, biotin disalurkan melalui transporter dengan asam. Ketika karboksilase yang mengandung biotin didegradasi dalam sel, biotin juga dilepaskan sebagai biocytin. *Biocytinase* seluler mengkatalisis pembelahannya untuk melepaskan biotin bebas untuk digunakan kembali.

Dengan tidak adanya enzim ini, pemanfaatan kembali biotin. Re-biotinilasi membutuhkan ATP untuk mengkatalisis pembentukan ikatan peptida antara biotin dan kelompok lisin di pusat aktif karboksilase yang ditargetkan. Kebutuhan nutrisi untuk biotin dinyatakan sebagai “Asupan yang memadai dan berjumlah ~25 mikrogram per hari. Alasan persyaratannya relatif lebih rendah: biotin terikat secara kovalen pada jumlah enzim yang berfungsi sebagai kofaktor, biotin dimanfaatkan kembali secara ekstensif; sejumlah besar biotin diproduksi oleh mikroflora usus. Keracunan, yang dikaitkan dengan gangguan pertumbuhan, alopecia, dan dermatitis pada hewan yang mengkonsumsi telur mentah dan telur putih sebagai sumber utama protein makanan. Pada akhirnya menemukan bahwa faktor pengikat biotin dalam telur bisa mengurangi ketersediaan biotin.

Namun demikian, masalah gizi yang terkait dengan status biotin dapat terjadi. Biotin dan biocytin memiliki kandungan afinitas yang tinggi untuk protein tertentu, terutama avidin dalam telur putih. Konsumsi albumin telur mentah dapat menginduksi defisiensi biotin, karena asosiasi kuat biotin dengan avidin membuat biotin pada makanan tidak tersedia.



**Gambar 1.35.** Manfaat Vitamin B11 dan B12  
 Sumber: Sumartini, 2020

### 1.1.6.7. Vitamin B12 (Asam Folat)

Vitamin B-12 dan asam folat akan dibahas bersama, karena fungsi dan metabolismenya unik . Pengetahuan tentang asam folat dan B-12 berevolusi dari upaya untuk lebih memahami anemia makrositik dan gangguan neurologis degeneratif tertentu. Dokter Skotlandia, Combe, diakui di awal 1800-an bahwa bentuk-bentuk tertentu dari anemia makrositik muncul berkaitan dengan gangguan pada organ pencernaan. Di studi klasik oleh Minot, Murphy, Castle, dan lainnya, lebih ditegaskan bahwa gangguan tersebut terkait dengan gangguan sekresi lambung dan dalam beberapa kasus dapat dibalik dengan mengkonsumsi masakan hati mentah atau dimasak sebentar. Dalam studi paralel, asam folat juga dikaitkan dengan anemia makrositik. Upaya skala besar di seluruh 1940-an dan 1950-an dan studi klinis dan dasar yang cermat akhirnya menyebabkan isolasi asam folat dan vitamin B-12.



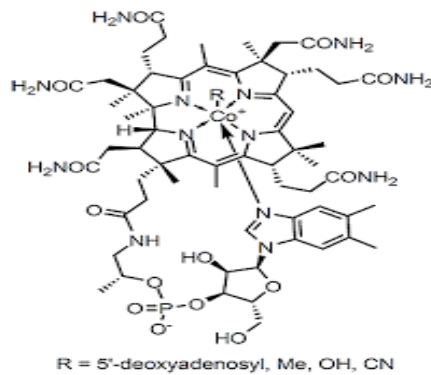


**Gambar 1.36.** Sumber Makanan yang Mengandung Vitamin B12

Sumber: <https://tirto.id/mengenal-jenis-jenis-vitamin-b-serta-manfaatnya-bagi-kesehatan-eg6t>

Makanan yang sangat tinggi folat adalah jeruk, sayuran berdaun hijau, dan biji-bijian. Fortifikasi dengan asam folat untuk semua sereal biji-bijian yang di *enrichment* ke dalam makanan. Tujuan utama dari program ini adalah untuk meningkatkan ketersediaan asam folat pada wanita usia subur untuk mengurangi terjadinya cacat tabung saraf (NTD). Program suplementasi asam folat telah berhasil menurunkan NTD sebesar 19%, tetapi ada manfaat kesehatan jangka panjang pada penyakit lain tidak diketahui pada saat ini. Asam folat stabil dalam pH asam, tetapi cepat dihancurkan dalam kondisi netral atau basa dan tidak stabil terhadap kontak panas yang terlalu lama, oksigen, dan paparan cahaya. Sumber makanan B-12 adalah daging dengan hati sebagai sumber tertinggi diikuti oleh produk susu dan beberapa makanan laut, Vitamin B-12 juga hadir dalam ragi dan sereal *enrichment*. Ketergantungan pada produk hewani untuk vitamin B-12 berarti seseorang yang menjadi vegetarian yang ketat berisiko untuk defisiensi vitamin B-12. Vitamin B-12 relatif stabil dan hancur hanya dengan perlakuan panas, paparan cahaya dan oksigen dalam

waktu yang panjang. Vitamin B-12 dan asam folat akan dibahas bersama, karena fungsi dan metabolismenya unik terkait (Gambar 1.37).

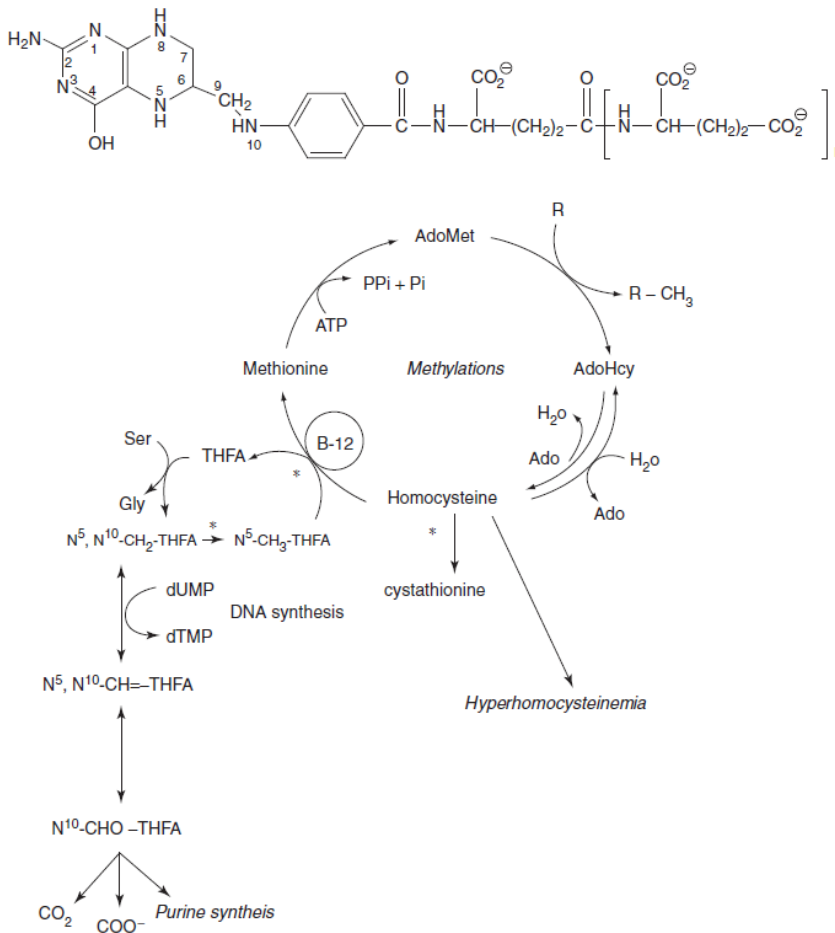


**Gambar 1.37.** Struktur Kimia Vitamin B12  
Sumber: Bucker, 2020

Folat adalah sekelompok senyawa heterosiklik yang terdiri dari: dari 4-(*pteridin-6 ilmetil*)-asam aminobenzoat terkonjugasi dengan satu atau lebih unit *L-glutamat*. Folat dan asam folat masing-masing berhubungan dengan asam *pteroylglutamat*, asam *pteroylglutamic*, dan setiap anggota keluarga *pteroylglutamat* memiliki berbagai level pengurangan cincin pteridin, satu-karbon substitusi, dan jumlah residu glutamat yang berbeda. Reaksi yang melibatkan asam folat termasuk generasi dan pemanfaatan formaldehida, formminino, dan kelompok metil. Agar konversi ini terjadi, asam folat harus direduksi dalam bentuk asam tetrahidrofolat (THFA). Reduksi membawa nitrogen pada posisi 5 dan 10 lebih dekat dan mengubah sifat elektrokimianya, yang memfasilitasi pembentukan berbagai turunan karbon tunggal THFA. Bentuk *formil*, *methanyl*, dan *methylene* dari THFA digunakan untuk sintesis purin dan timidilat sintesis (yaitu, terkait DNA). Reaksi-reaksi ini penting untuk pembelahan dan proliferasi sel. Folat juga berpartisipasi dalam reaksi yang terlibat dalam interkonversi dan katabolisme dari asam amino. Sebagian besar folat dalam tubuh juga di bentuk metil-THFA berfungsi untuk reaksi transfer

metil. Penghilangan gugus metil dari metilTHFA dan akhirnya ireversibel transfer ke metionin oleh vitamin B-12 yang membutuhkan enzim, metionin sintetase, merupakan interaksi penting antara asam folat dan vitamin B-12.

Vitamin B-12 terdiri dari struktur seperti porfirin dari cincin tetrapirrol dengan logam kobalt monovalen pada tengah. A 5,6-dimetilbenzimidazolil nukleotida juga terkait dengan cincin tetrapirrol melalui ikatan  $\alpha$  gula fosfat.



**Gambar 1.38.** Struktur Kimia Asam Folat  
Sumber: Bucker, 2020

Asam folat sangat penting untuk:

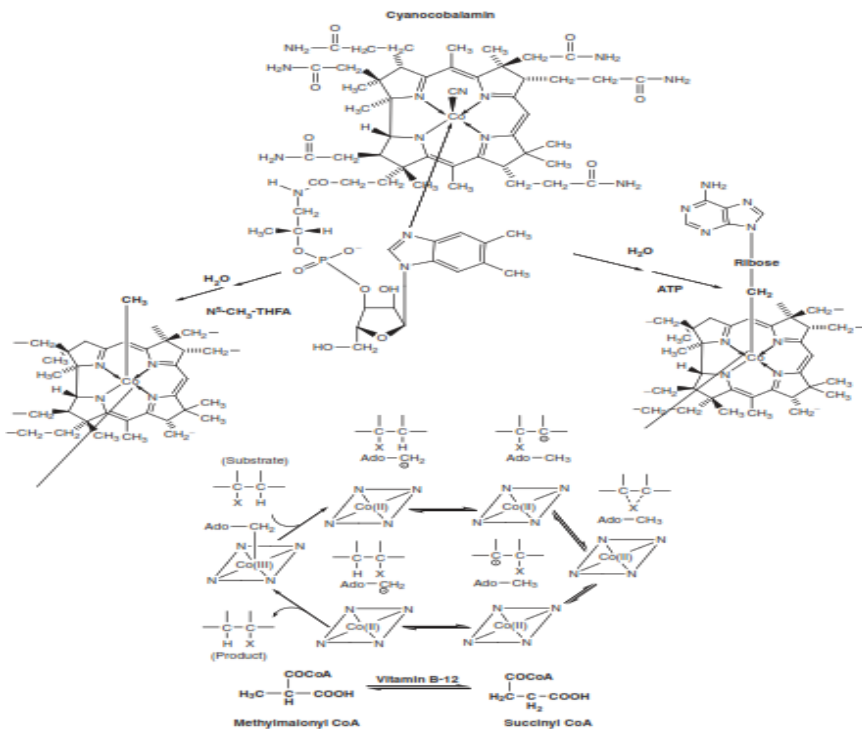
- 1) Reaksi metilasi (langkah sintetase metionin yang bergantung pada vitamin B-12),
- 2) Sintesis DNA (melalui transfer karbon tunggal dari *N5, -N10 -metilen-THFA* dalam konversi *deoxyuridylate* menjadi *deoxythymidylate*)
- 3) Sintesis Vitamin B-12 pada katalisis purin (melalui transfer satu karbon dari *N10-formil-THFA* ke dalam jalur purin). Konversi homosistein menjadi metionin melalui transfer bagian metil yang berasal dari metil-THFA. Vitamin B-12 dalam bentuk turunan adenosil juga dapat mengkatalisasi yakni konversi dari metilmalonil CoA menjadi suksinil CoA. Kekurangan vitamin B-12 menyebabkan akumulasi metabolit intraseluler dari reaksi, keduanya yaitu homosistein dan asam *methylmalonic*.

### **Mekanisme Penyerapan Vitamin B12 (Asam Folat)**

Penyerapan folat membutuhkan pemrosesan yang berasal dari folat makanan. Sistem yang dimediasi oleh pembawa khusus (transporter) terlibat dalam penyerapan folat melintasi membran apical sel-sel penyerap, serta sel-sel lainnya. Faktor-faktor yang secara negatif mempengaruhi penyerapan folat di usus adalah konsumsi alkohol dan penggunaan agen farmakologis tertentu seperti sulfasalazine dan fenitoin (Dilantin). Sebuah langkah penting dalam proses pencernaan adalah konversi *polyglutamyl folate* menjadi *monoglutamyl folate* oleh usus melalui *hidrolase poliglutamil*. Ada sejumlah zat makanan yang belum diproses (misalnya, kacang mentah) yang bertindak sebagai hidrolase folat dari bentuk poli- menjadi monoglutamil. Bagian dari usus kecil yang proksimal adalah tempat utama penyerapan inhibitor. Dalam plasma, ada protein pembawa spesifik, yang membawa asam folat ke sel target. Dalam kasus ini, Vitamin B-12 yang dimetilasi berfungsi sebagai kofaktor untuk

sintetase metionin (lihat Gambar 1.39). Vitamin B-12 teradenosilasi berfungsi sebagai kofaktor untuk reaksi isomerase yang tidak biasa, seperti perubahan metilmalonil CoA menjadi suksinil CoA. Mekanisme untuk proses ini ditunjukkan, melibatkan redoks kobalt dalam cincin corrin kobalamin ( $\text{Co}^{+3} \leftrightarrow \text{Co}^{+2}$ ). Etanol juga dapat secara nyata menurunkan sekresi asam folat, sehingga mengurangi ketersediaannya dalam tubuh pada jaringan hati. Di jaringan, distribusi folat sangat tergantung pada konsentrasi enzim yang bergantung pada folat. Metil THFA mono glutamat diangkut dengan cepat (terikat pada pembawa protein) ke hati. Serapan berlangsung melalui perantara reseptor proses endositosis dan kemudian dengan cepat dikonversi menjadi folat dalam berbagai bentuk poliglutamil. Langkah penting untuk pemrosesan vitamin B-12 pertama dilepaskan dari makanan dalam kondisi asam. Vitamin B-12 kemudian mengikat protein yang diproduksi oleh sel-sel fundus lambung, pankreas, dan kelenjar ludah. Dua protein telah diidentifikasi, yang ditetapkan sebagai protein R dan faktor intrinsik. Vitamin B-12 pertama-tama berikatan dengan protein R dan dilepaskan di lumen usus oleh aksi proteinase dan peptidase pankreas dan usus, untuk memungkinkan vitamin B-12 untuk mengikat faktor intrinsik. Secara hakiki faktornya adalah glikoprotein dengan berat molekul kecil, yang dibuat di sel parietal lambung. Vitamin B12 kompleks faktor intrinsik kemudian berinteraksi dengan reseptor pada perbatasan usus yang terlokalisasi di midgut (yaitu, ileum). Gangguan dengan protein R atau produksi faktor intrinsik, atau penyakit inflamasi yang mempengaruhi ileum, atau produksi mikroflora usus yang berlebihan dapat merugikan dan akan mempengaruhi ketersediaan vitamin B-12. Setelah vitamin B-12 diambil oleh sel luminal, diangkut ke dalam lisosom di mana vitamin B-12 kompleks faktor intrinsik terdegradasi dan vitamin B-12 dilepaskan dan secara vektor diarahkan untuk dilepaskan ke plasma. Vitamin B-

12 diangkut dalam plasma oleh salah satu dari tiga protein transpor spesifik, transkobalmin I, II, atau III. Transkobalmin I membawa vitamin B-12 ke hati. Transkobalmin II membawa vitamin B-12 dari hati ke jaringan perifer. Perhatikan bahwa pengolahan folat dan vitamin B-12 masuk dan keluar dari jaringan berbeda, untuk vitamin lain yang larut dalam air. Prosesnya adalah reseptor dimediasi dan endositosis, berbeda dengan keterlibatan transporter aktif yang bergantung pada natrium. Di samping itu, Sianocobalamin yang merupakan sediaan komersial vitamin B-12 biasanya memiliki gugus siano yang dikoordinasikan dengan kobalt (terkait dengan cincin corrin vitamin B-12). Dalam lingkungan lembab, gugus siano dapat digantikan oleh air untuk akhirnya transfer gugus metil (disumbangkan oleh *N5-metil-THFA*) atau bagian adenosil (dari ATP).



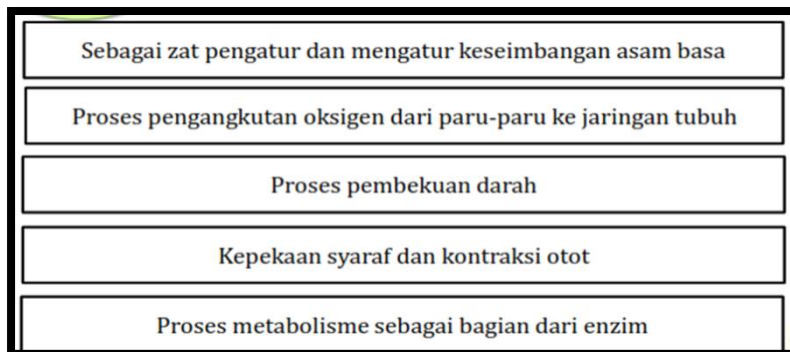
**Gambar 1.39.** Mekanisme Penyerapan Asam Folat  
Sumber: Yan *et al.*,2022

Penurunan produksi bentuk *methanyl* dan *methylene* folat dapat mengakibatkan penurunan sintesis purin dan pembentukan timidilat dari uridilat. Yang terakhir ini dapat menyebabkan mereplikasi sel untuk berhenti di fase S dari siklus sel. Sel epitel sering paling terpengaruh oleh defisiensi asam folat. Konsekuensinya adalah mengalami anemia megaloblastik untuk penghambatan pertumbuhan. Dengan demikian, suplemen agresif asam folat telah dikaitkan dengan penurunan pada perkembangan cacat tertentu, misalnya penutupan tabung netral yang abnormal. Hubungan paling penting antara folat dan vitamin B-12 terjadi pada langkah sintetase metionin, di mana 5-metil THFA berfungsi sebagai substrat dengan homosistein membentuk metionin. Dalam kasus ini, Penelitian terkini telah menyarankan bahwa kadar folat yang rendah mungkin berperan dalam etiologi penyakit arteri koroner karena hubungan homosistein tinggi sebagai faktor risiko dalam penyakit pembuluh darah.

Pergerakan unit karbon tunggal dari folat melalui sintetase metionin dalam pembentukan metionin juga penting untuk S-adenosilmetionin (SAM). SAM sangat penting untuk metilasi fosfolipid, dan produksi bentuk termetilasi dari berbagai asam amino dan karbohidrat. SAM juga berperan sebagai sumber metil dalam metilasi DNA. Kekurangan vitamin B-12 dan asam folat menghasilkan gejala klinis anemia makrositik dan disinkroni dalam pertumbuhan dan pengembangan dalam pentingnya asam folat menjadi purin dan perpaduan DNA. Secara kronis kekurangan zat baik asam folat atau B-12 juga bisa memajukan penyakit hati yang berlemak dan secara tidak langsung mempengaruhi stabilitas ekstraseluler pematangan matriks dengan menyebabkan abnormal Kelebihan dalam homosistein. Seperti tanda dan gejala yang disebabkan oleh THFA dan Kekurangan B-12, karena hubungan integral dari vitamin B-12 untuk regenerasi THFA. Asam folat dari asupan makanan,

cukup untuk mempertahankan tingkat THFA fungsional, dapat menutupi tanda-tanda awal defisiensi vitamin B-12 (misalnya, anemia makrositik dan megaloblastik), yang berkepanjangan. Defisiensi B-12 pada manusia menyebabkan gangguan neurologis yang serius, gangguan akibat degenerasi selubung myelin. Kebutuhan asam folat per hari adalah 400 g. Namun, ada beberapa kondisi yang kebutuhan asam folatnya tinggi secara kondisional, misalnya, ketika asam folat alami atau farmakologis agonis hadir dalam makanan. Berbagai polimorfisme genetik dalam protein yang penting untuk metabolisme asam folat dapat juga mempengaruhi kebutuhan asam folat. Perubahan di hidrolase folat, reduktase folat, atau sintetase metionin yang menyebabkan perubahan afinitas untuk pengikatan folat diketahui untuk mempengaruhi kebutuhan folat . Kebutuhan vitamin B-12 per hari adalah 2,4 g atau 1 g per 1000 kkal (~4 MJ) diet . Meskipun defisiensi vitamin B-12 jarang terjadi, penyakit lambung, duodenum proksimal, atau ileum dan insufisiensi pankreas masing-masing dapat mempengaruhi penyerapan asam folat dan vitamin B-12.

### 1.3. Mineral



**Gambar 1.40.** Fungsi Mineral

Sumber: Sumartini , 2020



Makromineral adalah mineral nutrisi penting seperti natrium, kalsium fosfor, magnesium dan kalium. Mineral diklasifikasikan sebagai makro karena rata-rata kebutuhan harian orang dewasa lebih besar dari 100 mg/hari (Prashanth *et al.* 2015). Untuk vitamin larut air termasuk thiamin, riboflavin, piridoksin, niasin, biotin, asam askorbat, dan asam pantotenat masing-masing 1,2 mg/hari, 2–2,2 mg/hari, 13 mili-ekuivalen, 100–200 µg/hari, 60 µg/hari, dan 4–7 mg/hari (Kamangar dan Emadi, 2012).



**Gambar 1.41.** Definisi Mineral  
Sumber: Sumartini

### 1.1.7. Kalsium

Kalsium diperoleh dari air sadah, kerang, ikan, sayuran berdaun hijau tua, dan susu. Kalsium merupakan mineral yang penting untuk pertumbuhan dan perkembangan tulang (Matkovic dan Ilich, 1993). Mineral ditemukan dalam darah (Carron dan Reusser, 1999). Sel membutuhkan cukup jumlah kalsium untuk melakukan berbagai fungsi (Miller *et al.* 2001). Gigi dan tulang kaya akan kalsium. Mineral juga terlibat dalam pembekuan darah (Hall *et al.* 1991). Sebagian besar kalsium ditemukan di tulang (Reid *et al.* 2015). Total

ruang cairan ekstraseluler mengandung sekitar 900 mg kalsium yang berada dalam keseimbangan dinamis dengan kerangka (Bronner dan Stein 1995). Sekitar 1% kalsium tulang (10 g) mudah ditukar dengan kalsium di cairan ekstraseluler dan merupakan penampung kalsium besar, sisa 99% dari kalsium tulang.

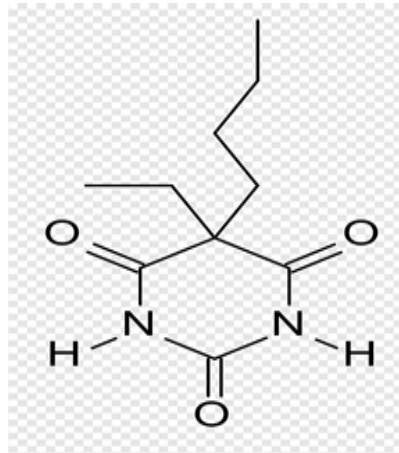
Hampir 500 mg kalsium yang masuk disimpan dan dimobilisasi dari tulang setiap hari selama proses regenerasi berkelanjutan. Kalsium diekskresikan ke usus dengan empedu, jus pankreas dan sekresi usus, tetapi diserap kembali sepenuhnya. Ketika kadar kalsium darah menurun, tulang mulai melepaskan kalsium untuk meningkatkan kadar kalsium. Ketika kadar kalsium dalam darah meningkat, ia terakumulasi di tulang atau dikeluarkan melalui urin.

Kalsium terlibat dalam fungsi saraf, kontraksi otot dan pembekuan darah. Kadarnya dalam darah dipertahankan oleh hormon paratiroid dan kalsitonin. Kebutuhan kalsium harian yang dianjurkan adalah 1 g per hari. Vitamin D terlibat dalam penyerapan kalsium ke dalam tubuh. Kekurangannya menyebabkan rakhitis, osteoporosis dan osteomalacia. Tetani bisa disebabkan oleh kekurangan kalsium dalam darah. Penyebab hipokalsemia termasuk gagal ginjal kronis (Naveh et al. 1995), terapi fosfat, dll. (Välimäki dkk. 1999). Kelebihan kalsium dalam darah dapat menyebabkan tingginya potensi pembentukan batu ginjal (Sahai, 2012).

### **1.1.8. Sodium**

Natrium ditemukan di sebagian besar makanan dan kekurangan natrium jarang terjadi. Natrium berkontribusi terhadap perannya dalam regulasi darah. Natrium klorida adalah bentuk natrium yang paling umum dipasarkan sebagai garam meja (Cogswell et al., 2016). Ginjal adalah pengatur natrium

utama dalam tubuh, dan normalnya 98% kehilangan natrium tubuh terjadi melalui urin. Jika lebih banyak natrium dikonsumsi, ekskresinya melalui urin meningkat.



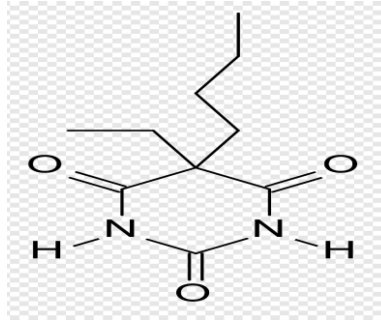
**Gambar 1.42.** Struktur kimia natrium  
Sumber : Bucker, 2020

Jika asupan natrium berkurang atau jika konsentrasi natrium plasma menurun karena alasan tertentu, natrium dapat hilang seluruhnya melalui urin. Biasanya melalui hormon aldosteron korteks adrenal, yang meningkatkan reabsorpsi natrium di tubulus ginjal. Hipernatremia didefinisikan oleh peningkatan natrium darah dan ditandai dengan kejang, edema, iritabilitas neuromuskular, mudah tersinggung, lemah, dan lesu (Kalogeropoulos et al., 2015; Xi et al. 2015).

### 1.1.9. Magnesium

Magnesium diperoleh dari *hardness*, rempah-rempah, aprikot, pisang, kedelai, kacang-kacangan, sayuran berdaun hijau, dan biji-bijian. Magnesium membantu dalam pemeliharaan pertumbuhan dan integritas tulang serta terlibat

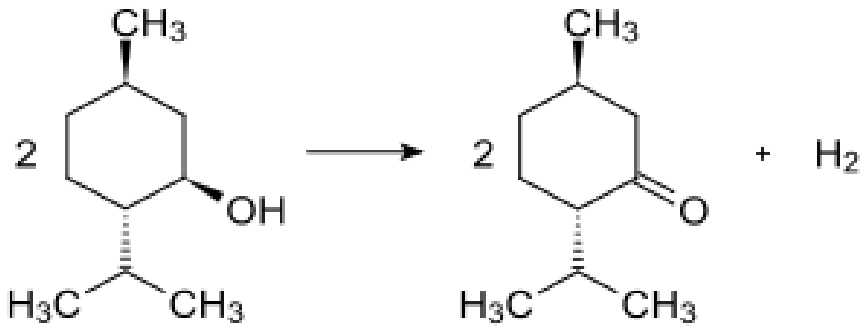
dalam pengaturan siklus jantung dan fungsinya dari otot dan saraf. Kekurangan magnesium akan mengakibatkan penyakit hipomagnesemia dan neuromuscular serta sifat lekas marah. Gejala toksisitasnya adalah hipotensi, kegagalan pernapasan, dan gangguan jantung (Allen dan Sharma 2019).



**Gambar 1.43.** Struktur kimia magnesium  
Sumber : Bucker, 2020

#### 1.1.10. Potassium

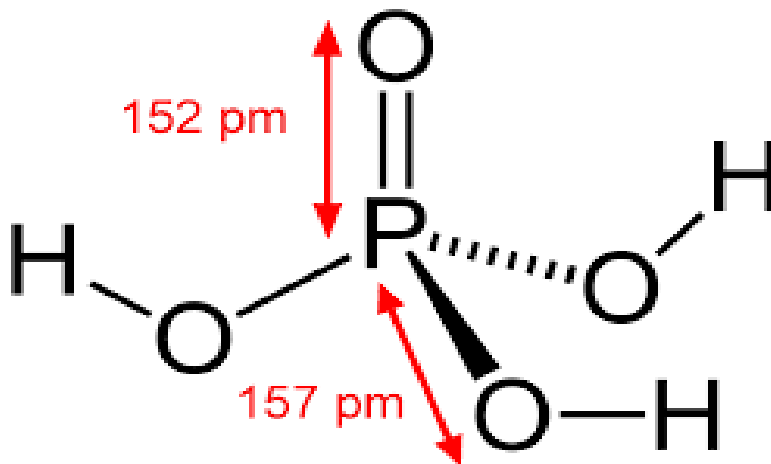
Kalium diperoleh dari susu murni, susu skim, daging, pisang, kismis, dan plum. Kadar kalium plasma yang benar sangat penting untuk fungsi jantung normal. Ion kalium juga berperan dalam fungsi normal serat otot rangka. Kalium diperlukan untuk banyak reaksi enzim (Weaver, 2013). Glikogenesis membutuhkan kehadiran kalium. Pemberian insulin menyebabkan penurunan konsentrasi kalium plasma, karena penimbunan glikogen yang dibawa oleh insulin disertai dengan penimbunan kalium. Selain itu, insulin meningkatkan sintesis protein dalam sel dengan mengikat ion kalium, yang dapat menyebabkan rendahnya kadar kalium plasma. Kekurangan potasium menyebabkan hipokalemia, kelumpuhan dan masalah jantung. Kelebihan kalium menyebabkan hiperkalemia, kelumpuhan, dan masalah jantung (McGregor, 2008).



**Gambar 1.44.** Struktur Kimia Potassium  
Sumber: Zaeni et.al., 2006

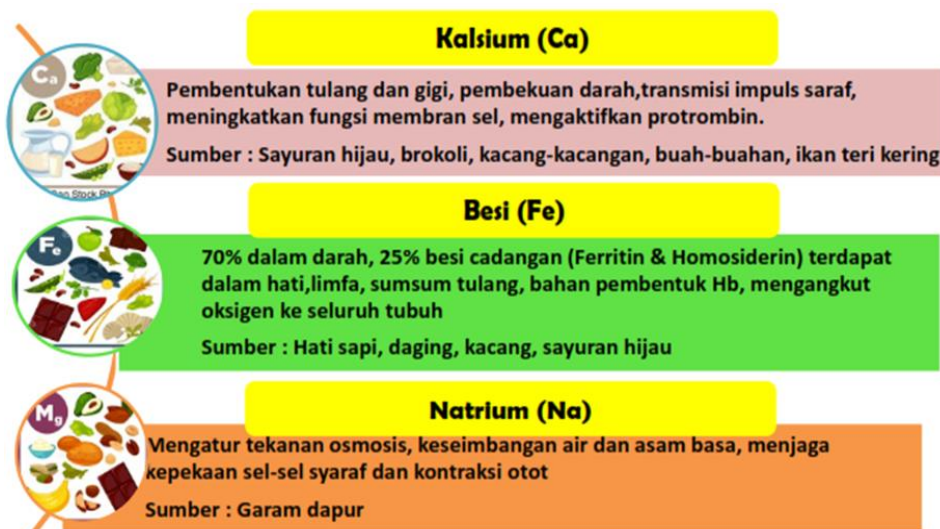
### 1.1.11. Phosporus

Zat gizi mikro merupakan sekelompok mineral esensial yang dibutuhkan dalam jumlah kecil untuk proses metabolisme sehari-hari manusia. Fosfor dianggap sebagai elemen jejak karena kebutuhannya harus di bawah 100 mg, yang dapat menjadi racun bagi tubuh jika terlampaui. Namun, kekurangan zat gizi mikro ini dapat menyebabkan masalah kesehatan yang serius (Prashanth et al. 2015).



**Gambar 1.45.** Struktur kimia phosporus  
Sumber : Bucker, 2020

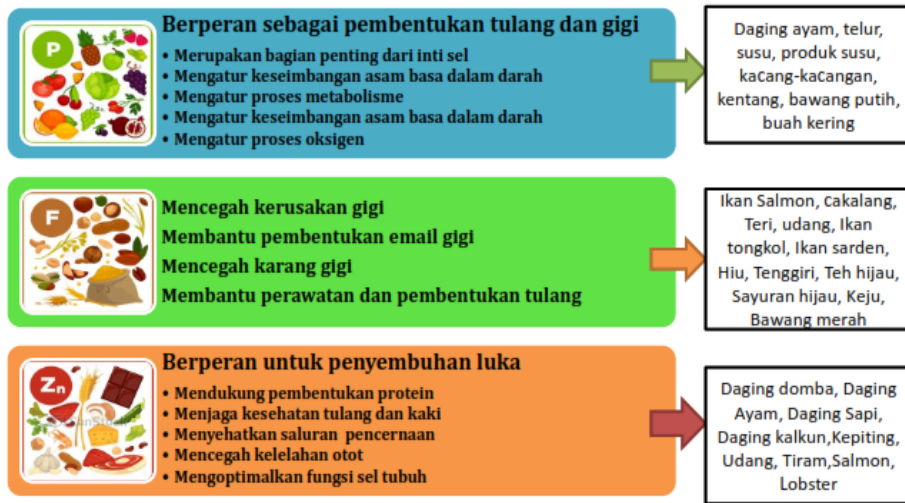
### 1.3. Mineral



**Gambar 1.46.** Fungsi mineral Kalsium, Besi, dan Natrium  
Sumber : Sumartini, 2020

Vitamin dan mineral merupakan zat penting untuk fungsi normal dan perkembangan tubuh. Ada dua kategori vitamin yaitu: vitamin yang larut dalam lemak dan vitamin yang larut dalam air. Vitamin yang dikenal termasuk vitamin A, D, E dan K, C dan B: tiamin (B1), riboflavin (B2), niasin (B3), asam pantotenat (B5), piridoksin (B6), sianokobalamin (B12), biotin dan asam folat/folat. Mineral penting bagi kesehatan: kalsium, fosfor, kalium, natrium, klorida, magnesium, besi, seng, yodium, belerang, kobalt, tembaga, fluor, mangan, dan selenium. Mineral esensial tubuh terbagi menjadi dua bagian, yaitu: mineral makro dan mineral mikro. Zat gizi mikro adalah zat gizi yang dibutuhkan tubuh dalam jumlah sedikit. Mikronutrien dibutuhkan dalam

makanan manusia baik secara kualitatif maupun kuantitatif, dan dikonsumsi dalam jumlah yang wajar.



**Gambar 1.47.** Fungsi Mineral Phosphor, Fluoride dan Seng  
Sumber : Sumartini, 2020

Seperti namanya, kelompok mineral *trace element*, yang dibutuhkan, dalam jumlah kecil untuk proses metabolisme sehari-hari pada manusia. Dianggap sebagai trace element karena kebutuhan hariannya harus di bawah 100 mg, di atas kebutuhan tersebut dapat menjadi racun bagi kesehatan. Namun, kekurangan salah satu dari trace elemen ini dapat menyebabkan masalah kesehatan yang serius (Prashanth *et al.* 2015).

**Tabel 1.1.** Jenis-Jenis Mineral dan Fungsinya

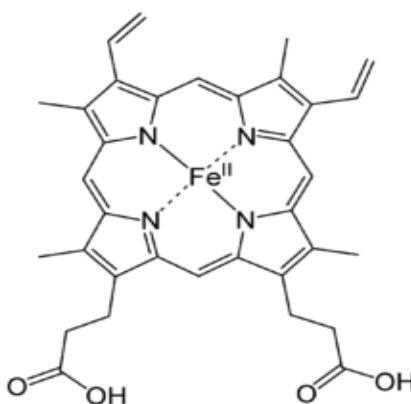
Jenis Mineral	Fungsi	Sumber	Referensi
Iodine (I)	Pertumbuhan dan perkembangan, Metabolisme, Reproduksi, Produksi hormon tiroid	Makanan laut, makanan tumbuh di tanah yang kaya yodium, garam beryodium, roti dan produk susu	Fairweather-Tait and Hurrell (1996)
Selenium	Antioksidan, Selenium diperlukan untuk sistem	Daging, makanan laut, biji-bijian. Sereal, makanan	Combs (1987), Fairweather-Tait and Hurrell (1996) and Margaret (2000)

	kekebalan tubuh, dan menjadi nutrisi kunci dalam melawan perkembangan virulensi dan menghambat perkembangan HIV menjadi AIDS. Hal ini diperlukan untuk motilitas sperma dan dapat mengurangi risiko keguguran.	laut, dan produk daging adalah sumber terkaya Se dan kontributor utama untuk asupan Se harian, sedangkan sayuran, buah-buahan dan minuman umumnya di Se	
Chromium(Cr)	Chromium bertindak sebagai antioksidan. Hal ini juga membantu menurunkan resistensi insulin pada pasien diabetes.	Sumber makanan dari krom termasuk ragi pembuat bir, keju, ginjal babi, roti gandum utuh dan sereal, tetes tebu, rempah-rempah dan beberapa sereal. Daging sapi tanpa lemak, tiram, dan telur adalah sumber utama dari kromium	Anderson et al. (1992), Anderson (2000) and Tulasi and Rao
Manganese (Mn)	Manganese mengaktifkan banyak enzim — seperti hidrolase, transferase, kinase, dan dekarboksilase — dan merupakan penyusun beberapa enzim. Mangan juga berperan dalam pembekuan darah dan hemostasis yang ada	Mangan hadir dalam berbagai macam makanan, termasuk biji-bijian utuh, kerang, tiram, kerang, kacang-kacangan, kedelai, kacang-kacangan, beras, sayuran berdaun, kopi, teh, dan banyak rempah-rempah, seperti	Watts (1990), Aschner dan Aschner (2005) dan Buchman (2014)



	hubungannya dengan vitamin K.	lada hitam.	
Flouride (F)	Flouride terlibat dalam pembentukan tulang dan gigi ; membantu mencegah kerusakan gigi dan karies.	Air minum (bisa berfluoride atau mengandung fluorida alami), ikan, dan kebanyakan minuman, juga dari pasta gigi oral.	O'Mullane et al. (2016)
Molybdenum (Mo)	Berfungsi sebagai kofaktor untuk setidaknya empat enzim: sulfit oksidase, xanthine oksidase, aldehida oksidase, dan mitokondria amidoksim.	Kacang-kacangan, roti, biji-bijian; sayuran hijau; Sayuran berdaun; susu; dan hati	Novotny (2011)

### 1.1.12. Iron



**Gambar 1.48.** Struktur Kimia Besi  
**Sumber : Bucker, 2020**

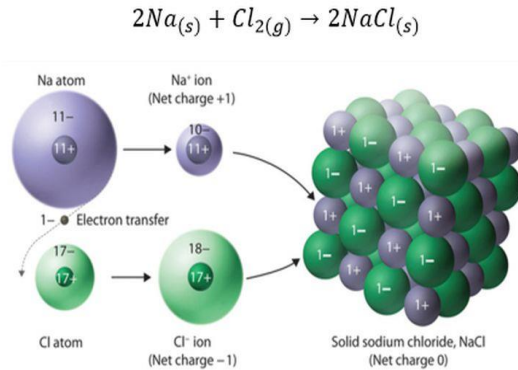
Sumber zat besi dapat diperoleh dari sayuran berdaun hijau, kacang-kacangan kering, kacang merah, kacang polong, kuning telur, daging merah, ginjal, dan hati. Besi adalah salah satu logam yang paling melimpah di tubuh

dan sangat penting bagi kehidupan. Sebagai komponen hemoglobin dan mioglobin, zat besi berperan dalam transfer oksigen antara darah dan jaringan. Di sebagian besar sel, zat besi hadir sebagai komponen enzim yang terlibat dalam reaksi oksidasi-reduksi. Saat seorang anak lahir, jumlah zat besi yang terkumpul di dalam tubuhnya banyak (246 mg).

Penyimpanan zat besi tergantung pada asupan besi dari ibu selama kehamilan. Permintaan terbesar besi selama 3 bulan terakhir kehamilan. Berperan dalam pengembangan janin yang membutuhkan sekitar 20–30 mg/hari besi pada wanita / ibu hamil. Zat besi dalam makanan datang dalam bentuk heme dan non-heme. Heme memiliki bioavailabilitas yang lebih tinggi dan bisa ditemukan pada daging, ikan, unggas, dan susu (Abbaspour *et al.* 2014). Non-heme ditemukan dalam jumlah bervariasi dalam produk tanaman. Kekurangan zat besi mengarah ke hipokromik anemia mikrositik.

Salah satu faktor yang mengurangi penyerapan zat besi adalah pembedahan. Reseksi usus halus bagian atas, gastrektomi subtotal, infeksi kronis, terapi asam klorida dan antasida, kelebihan fosfat dan oksalat, diare dan malabsorpsi. Jika asupan zat besi tidak mencukupi, kehilangan darah atau peningkatan zat besi, cadangan zat besi dalam tubuh akan terkuras dan terjadi anemia. Gejalanya antara lain wajah pucat, lemas, mudah tersinggung, sudut mulut, gangguan jantung dan pencernaan (Lopez *et al.* 2016). Kelebihan zat besi menyebabkan sirosis hati, pigmentasi kulit dan hemokromatosis.

### 1.1.13. Chloride

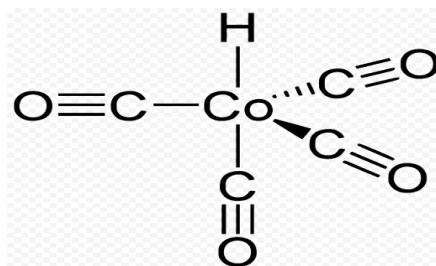


**Gambar 1.49.** Reaksi Kimia

Sumber : <https://balitteknologikaret.co.id/apa-itu-ikatan-ion/>

Sumber klorida termasuk roti jagau, keripik, zaitun hijau, dan produk hewani. Klorida diperlukan untuk menjaga komposisi darah dan membentuk kation asam klorida. Klorida mengatur keseimbangan asam-basa dan tekanan osmotik. Gejala defisiensi termasuk alkalosis dan kegagalan tumbuh kembang pada bayi. Gejala toksisitas meliputi peningkatan volume ekstraseluler dan hipertensi (Shrimanker dan Bhattarai 2019; Sur dan Shah 2019).

### 1.1.14. Cobalt



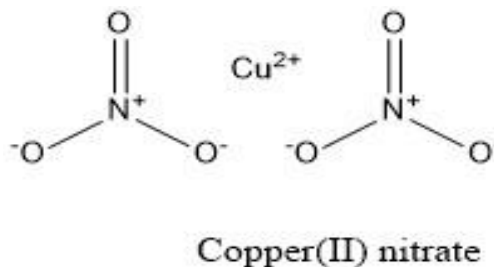
**Gambar 1.50.** Struktur Kimia Cobalt

Sumber: Bucker *et al.*, 2020

Bakteri usus mensintesis kobalt, kobalt terlibat dalam pembentukan vitamin B12. 1-2 mg kobalt disimpan di dalam tubuh. Hati menyimpan cukup kobalt sebagai hidrosilkobalamin dan metilkobalamin selama 3-4 tahun. Kebutuhan kobalt harian adalah 2–3 mikrogram (Angelova *et al.*, 2014).

### 1.1.15. Copper

*Copper* diperoleh dari jeroan, kacang-kacangan, kacang-kacangan kering, biji-bijian, dan sereal. Pada makanan, Copper hadir sebagai tembaga kompleks dan dilepaskan di perut karena pH asam cairan lambung. Hal ini menunjukkan keterlibatan dalam pembentukan tulang dan hematopoiesis. Copper diserap di usus kecil sebagian besar dengan proses difusi dan dalam jumlah kecil menggunakan transporter. Pada sirkulasinya, tembaga bergabung dengan albumin, mencapai hati, dan tergabung menjadi ceruloplasmin, yang didistribusikan ke jaringan.



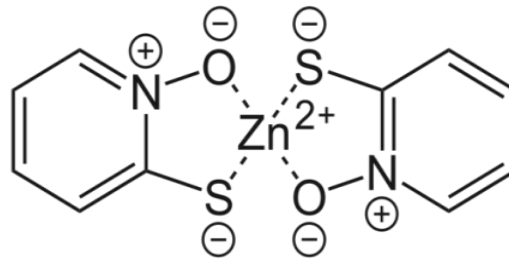
**Gambar 1.51.** Struktur Kimia Copper

Sumber: Bucker *et al.*, 2020

Tembaga diekskresikan dengan empedu melalui tinja dan urin, kulit, rambut dan kuku. Albumin mengangkut tembaga dan berikatan dengan seruloplasmin. Tembaga merupakan komponen enzim tertentu seperti besi oksidase, katalase, sitokrom oksidase dan tirosinase (Leone *et al.* 2006). Diperlukan untuk produksi sel darah merah. Protein yang mengandung tembaga seperti ceruloplasmin meningkatkan penyerapan zat besi di saluran pencernaan.

Kekurangan tembaga dapat menyebabkan anemia hipokromik. Toksisitas tembaga bermanifestasi sebagai degenerasi hepatolikular dan sirosis bilier (Patil *et al.*, 2013).

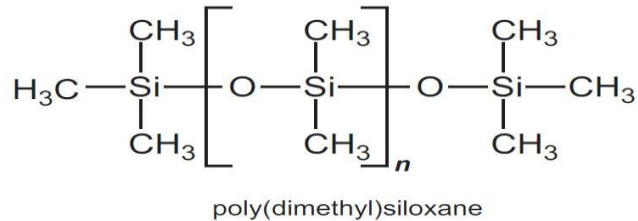
#### 1.1.16. Zinc



**Gambar 1.52.** Struktur Kimia Zinc  
Sumber: Bucker *et al.*, 2020

Zinc diperoleh dari hati, otot, tiram, sereal, dan kacang-kacangan. Bayi membutuhkan 5 mg/hari, anak-anak membutuhkan 10 mg/hari dan orang dewasa membutuhkan 35 mg/hari. Ini adalah konstituen metalo-enzim dan memungkinkan pertumbuhan dan proliferasi sel, kematangan seksual, dan kesuburan. Dia meningkatkan kekebalan, nafsu makan, dan rasa. Besi dan tembaga mengurangi penyerapannya. Defisiensi Seng jarang terjadi dan dapat dilihat pada pasien dengan penyakit ginjal dan pasien pecandu alcohol. Pertumbuhan anak dengan defisiensi seng berkurang. Toksisitas seng termasuk gejala perkembangan penyakit gastrointestinal dan penurunan fungsi kekebalan tubuh (Prasad 2008; Bredholt dan Frederiksen 2016).

### 1.1.17. Silicon

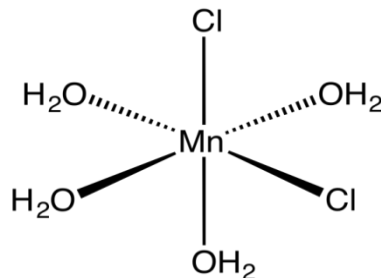


**Gambar 1.53.** Struktur Kimia Silicon

Sumber: Bucker et al., 2020

Pada jaringan ikat aorta, komponen silikon atau kolagen dan elastin pada dinding aorta meningkat. Kadar silikon menurun seiring bertambahnya usia dan berkembangnya aterosklerosis. Silikon tampaknya mengurangi kadar asam dan lemak dalam darah dan aorta. Asam lemak terlibat dalam pembentukan plak aterosklerotik. Penelitian menunjukkan bahwa suplemen silikon juga membantu mencegah osteoporosis.

### 1.1.18. Manganese



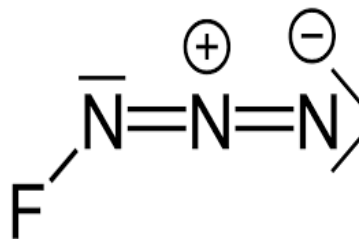
**Gambar 1.54.** Struktur kimia Mangan

Sumber: Bucker *et al.*, 2020

Mangan (Mn) diperoleh dari kacang-kacangan, biji-bijian dan daun teh. Mangan (Mn) diperlukan untuk enzim seperti suksinat dehidrogenase, arginase, dan glikosiltransferase. Diperlukan untuk sintesis kondroitin sulfat, yang penting untuk pembentukan tulang rawan (Tuschl *et al.*, 2013). Mangan (Mn) menstabilkan DNA dan RNA. Konsentrasi total dalam tubuh adalah 15 mg dan

kebutuhan hariannya adalah 4-10 mg. Mangan (Mn) diekskresikan dalam empedu dan jus pankreas. Kekurangannya menyebabkan gangguan pembentukan tulang dan menyebabkan intoleransi glukosa, rambut rontok, rambut merah dan ruam kulit. Gejala toksisitas meliputi kelainan pada sistem saraf pusat dan sistem fungsional (Pallauf *et al.*, 1992).

### 1.1.19. Fluoride

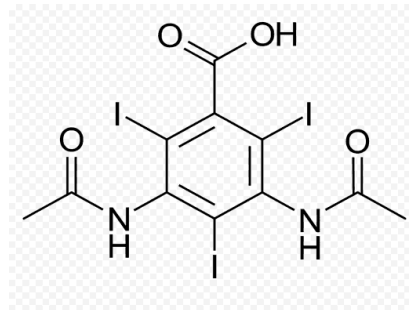


**Gambar 1.55.** Struktur Kimia Fluoride

Sumber: Bucker *et al.*, 2020

Fluorida diperoleh dari kacang-kacangan, biji-bijian, dan daun teh. Fluor diperlukan untuk enzim seperti suksinat dehidrogenase, arginase, dan glikosiltransferase. Diperlukan untuk sintesis kondroitin sulfat, yang diperlukan untuk pembentukan tulang rawan (Tuschl *et al.*, 2013). Fluor menstabilkan DNA dan RNA. Konsentrasi total dalam tubuh adalah 15 mg dan kebutuhan hariannya adalah 4-10 mg. Fluorida diekskresikan melalui empedu dan jus pankreas. Kekurangannya menyebabkan gangguan pembentukan tulang dan menyebabkan intoleransi glukosa, rambut rontok, rambut merah dan ruam kulit. Gejala keracunan merupakan gangguan fungsional sistem saraf pada sistem pusat (Pallauf *et al.* 2012).

### 1.1.20. Iodine

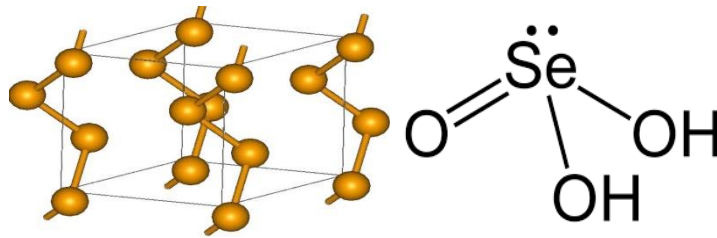


**Gambar 1.56.** Struktur kimia Iodin  
Sumber: Bucker *et al.*, 2020

Sumber yodium antara lain kerang, garam beryodium, telur, produk susu, dan air. Yodium merupakan elemen penting untuk pertumbuhan dan perkembangan normal tubuh. Yodium diperlukan untuk pembentukan hormon tiroid. Hampir 2,6 miliar orang mengalami kekurangan yodium. Defisiensi yodium dengan berbagai tingkat keparahan mempengaruhi 50 juta anak di seluruh dunia (Ershow *et al.*, 2016). Yodium tidak dapat disimpan dalam tubuh dan memerlukan asupan seumur hidup dalam jumlah kecil. Garam beryodium dapat digunakan sebagai intervensi yang efektif untuk jangka waktu yang lama. Kekurangan yodium dapat menyebabkan berkembangnya penyakit gondok. Kebutuhan harian yodium yang direkomendasikan adalah 40 mikrogram per hari. Ia juga sering digunakan sebagai antiseptik, desinfektan kulit, yang didefinisikan sebagai povidone-iodine (Durani dan Leaper, 2008).



### 1.1.21. Selenium



**Gambar 1.57.** Struktur Kimia Selenium

Sumber: <https://www.pngdownload.id/png-4q0lqy/>

Selenium adalah mineral dengan efek antineoplastik terhadap kanker usus besar, kanker payudara dan kemungkinan keganasan kanker lainnya (Hoffmann dan Berry 2008). Selenium adalah antioksidan alami (Gaman *et al.* 2014). Jumlah selenium hadir dalam makanan tergantung pada seberapa banyak selenium dulu ditemukan di tanah tempat tumbuhnya makanan. Selenium diperoleh dari hewan dan tumbuhan . Sumber terkaya selenium pada makanan termasuk otot daging, sereal, biji-bijian, dan produk susu seperti telur. Selenium mengambil bagian dalam aktivitas dari metaloenzim dan sintesis protein, mencegah nekrosis hati, merangsang sekresi lipase pankreas dan terlibat generasi ATP. Kekurangan Selenium menjadi penyebab anemia hemolitik, nekrosis otot, dan kardiomiopati. Kelebihan dari selenium penyebab toksisitas-dermatitis, rambut rontok dan memberi aroma bawang putih pada nafas.



**2.1. Nutrisi Ikan Segar**

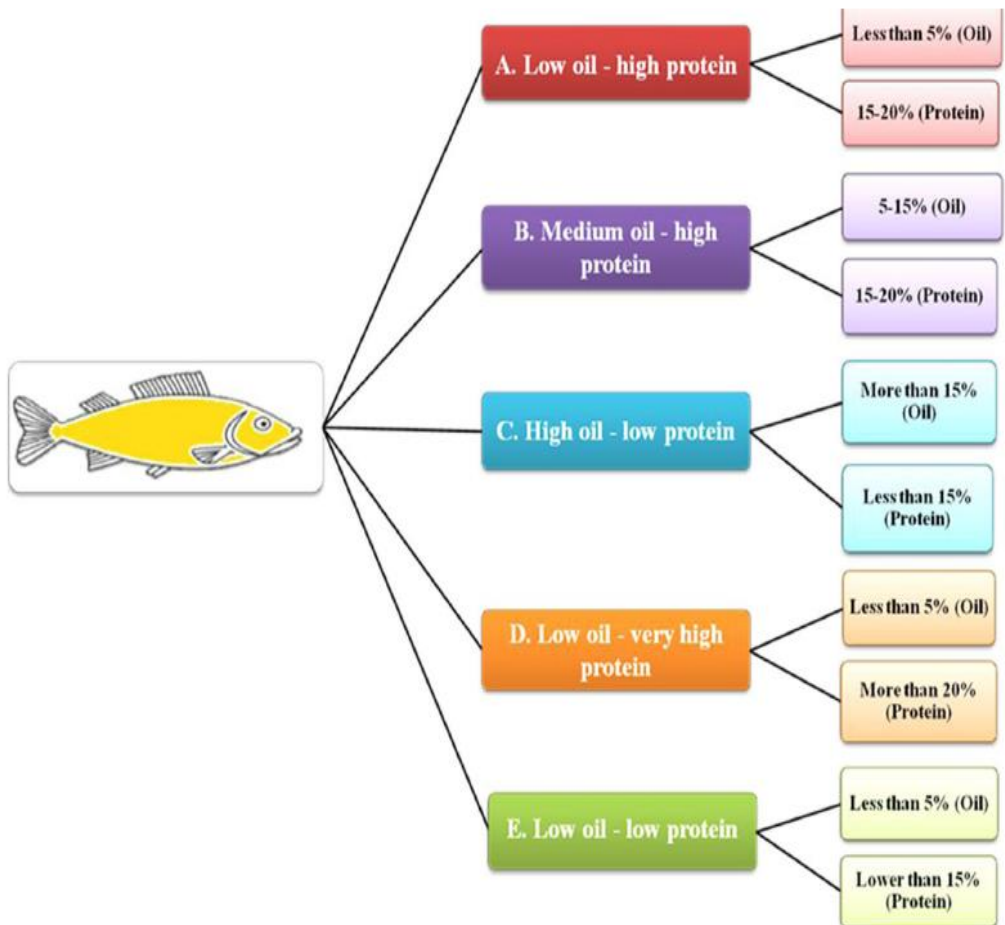
Nutrisi ikan meliputi protein, karbohidrat, lemak, mineral dan vitamin. Sekitar 50 kalori yang dibutuhkan ikan berasal dari protein. Bahan ini membangun otot, sel dan jaringan tubuh terutama pada ikan muda. Kandungan protein daging ikan rata-rata 19%, sedangkan ikan tuna yang dimasak mengandung protein 30%. Fungsi protein adalah membangun struktur dasar sel, enzim, hormon dan pembawa pada membran. Daging ikan mengandung asam lemak tak jenuh yang diperlukan manusia dan memiliki sedikit kolesterol, sehingga daging ikan tidak berbahaya bagi kesehatan manusia. Kandungan mineral pada daging ikan cukup tinggi misalnya K, Fe dan Mg. Ikan merupakan bahan pangan kaya protein yang mengandung asam amino esensial bagi tubuh, selain itu nilai biologisnya 90%, jaringan ikatnya sedikit, sehingga lebih mudah dicerna.

**Tabel 2.1.** Komposisi Kimiawi Ikan Segar (Stansby & Oicott, 1963)

Kategori	Tipe	Kandungan Lemak	Kandungan Protein
A	Rendah lemak-Protein tinggi	Kurang dari 5%	15%-20%
B	Lemak sedang-Protein tinggi	5%-15%	15%-20%
C	Tinggi Lemak-Rendah protein	Lebih dari 15%	Kurang dari 15%
D	Rendah lemak-Sangat tinggi protein	Kurang dari 5%	Lebih dari 20%
E	Rendah lemak-Rendah protein	Kurang dari 5%	Kurang dari 15%

dan Tabel Jenis Ikan berdasarkan kategori kandungan lemak dan Protein (Sumber : Stansby, 1990)

Spesies Ikan	Tipe otot	serat	Kadar air	Kadar protein	Kadar minyak	Kadar abu
<i>Oncorhynchus gorbuscha</i>	Light		77.40	20.40	2.10	1.25
	Dark		69.90	17.50	12.50	1.20
Tuna albacore	Light		64.90	25.00	10.30	1.26
	Dark		68.60	22.80	8.25	1.18



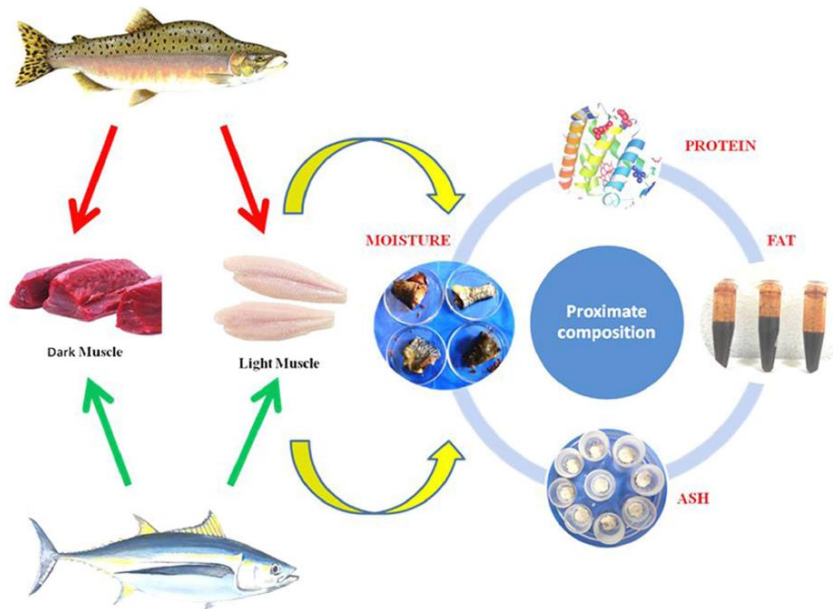
**Gambar 2.1.** Komposisi Lemak dan Asam lemak Ikan Segar  
 Sumber: Bucker *et al.*, 2020

### 2.1.1. Protein

Konstituen utama dari daging ikan adalah air, yang menyumbang sekitar 70–80% dari berat *fillet*. Air dalam otot ikan segar adalah terikat erat dengan protein dalam struktur. Ada kebalikannya hubungan antara kandungan air dan lemak pada ikan. Selama berbeda musim, dengan peningkatan kandungan lemak, terjadi penurunan kandungan air. Kadar air juga diketahui umumnya menurun dengan usia. Kandungan air ikan tanpa lemak meningkat selama pematangan seksual. Otot lateral merah mengandung sedikit lebih sedikit protein dan lebih banyak lemak daripada otot lateral otot putih. Bagian belakang fillet ikan mengandung lebih banyak protein dan lebih sedikit lipid daripada bagian anterior. Lipid adalah cadangan energi dan digunakan dalam pemeliharaan kehidupan. Dalam hal migrasi atau pemijahan periode, protein digunakan untuk energi, selain lipid, mengakibatkan pengurangan kondisi biologis. Protein adalah nutrisi penting untuk pertumbuhan dan sebagai konstituen dari sel tubuh. Asam amino memainkan peran penting sebagai bahan bangunan protein. Jenis dan urutan urutan asam amino menentukan struktur konformasi, sifat kimia dan biologi protein (Saldamli, 1998).

Semua asam amino, kecuali asam amino esensial, disintesis oleh enzim transaminase di hati dan reaksi transaminasi, di mana vitamin B6 berfungsi sebagai koenzim. Asam amino esensial tidak dapat disintesis oleh manusia dan mamalia lainnya dan karenanya harus disediakan dalam makanan. Ikan diketahui sumber protein yang baik, kaya akan asam amino esensial seperti lisin, sistin, metionin, treonin dan triptofan (Usyudus *et al.* 2009). Faktor penentu mutu gizi protein adalah kandungan asam amino esensialnya, adanya asam amino esensial spesifik mirip dengan yang ditemukan dalam tubuh manusia, energi yang disediakan, dan daya cerna protein. Kemudahan

pencernaan ikan disebabkan rendahnya kandungan jaringan ikat dan pendeknya serat otot.



**Gambar 2.2.** Komponen Ikan Segar  
Sumber: Bucker, *et al.*, 2020

Atribut paling penting dari protein hewani yang diturunkan memenuhi komponen dengan memiliki asam amino esensial yang memadai dan seimbang. Kandungan protein kasar makanan yang berasal dari laut berkisar antara 17 hingga 22%. Di dalam krustasea dan moluska, kadar protein dapat bervariasi dari 7 hingga 23%. Kandungan protein dan lemak ikan meningkat sesaat sebelum pemijahan. Kandungan protein juga meningkat di musim semi ketika lebih banyak makanan tersedia. Protein otot ikan dan kerang diklasifikasikan, berdasarkan kelarutannya dalam larutan garam, menjadi tiga kelompok utama: seperti sarkoplasma, myofibrillar dan protein stroma (Huss 1995) protein (Saldamli 1998). Semua asam amino, kecuali asam amino esensial, disintesis oleh enzim transaminase di hati dan reaksi transaminasi, di mana vitamin B6

berfungsi sebagai koenzim. Asam amino esensial tidak dapat disintesis oleh manusia dan mamalia lainnya dan karenanya harus disediakan dalam makanan. Ikan diketahui sumber protein yang baik, kaya akan asam amino esensial seperti lisin, sistin, metionin, treonin dan triptofan (Usydus et al. 2009).

Faktor penentu mutu gizi protein adalah kandungannya asam amino esensial, adanya asam amino esensial spesifik mirip dengan yang ditemukan dalam tubuh manusia, energi yang disediakan, dan daya cerna protein. Kemudahan pencernaan ikan disebabkan rendahnya kandungan jaringan ikat dan pendeknya serat otot. Atribut paling penting dari protein hewani yang diturunkan memenuhi komponen asam amino esensial yang memadai dan seimbang. Kandungan protein kasar makanan laut berkisar antara 17 hingga 22%. Di dalam krustasea dan moluska, kadar protein dapat bervariasi dari 7 hingga 23%. Kandungan protein dan lemak ikan meningkat sesaat sebelum pemijahan. Kandungan protein juga meningkat di musim semi ketika lebih banyak makanan tersedia. Protein otot ikan dan kerang diklasifikasikan, berdasarkan kelarutannya dalam larutan garam, menjadi tiga kelompok utama: seperti sarkoplasma, myofibrillar dan protein stroma (Huss 1995).

### **2.1.2. Protein sarkoplasma**

Protein sarkoplasma, yang dapat larut dalam air dan solusi garam encer, terdiri dari sekitar 15-30% dari total protein dalam otot ikan. Protein ini terdiri dari ratusan enzim, protein berpigmen seperti mioglobin, haemoglobin, dan albumin lainnya. Selain itu, protein antibeku dan glikoprotein pada ikan yang ditangkap oleh air dingin termasuk dalam kelompok ini. Tidak seperti hewan darat, ikan mengandung lebih banyak protein pengikat  $Ca^{2+}$ .

Otot merah ikan memiliki penampilan yang lebih gelap, karena tinggi konsentrasi mioglobin. Otot merah mengandung lebih banyak mitokondria dan

lebih sedikit retikulum sarkoplasma daripada serat putih, yang dibutuhkan untuk metabolisme cadangan energi aerobik yang berkepanjangan. Otot-otot pelagis ikan mengandung sejumlah besar otot gelap yang mengandung mioglobin, yang dilengkapi oleh aktivitas aerobik yang berkepanjangan. Ikan demersal tidak berenang aktif dalam jangka waktu yang lama karena mereka cenderung hanyut mengikuti arus laut. Kandungan protein sarkoplasma pada ikan pelagis lebih tinggi dibandingkan ikan pelagis pada ikan demersal. Kandungan mioglobin otot meningkat seiring bertambahnya usia, dan selama musim migrasi. *Oxy-myoglobin* dan *oxyhaemoglobin* bertanggung jawab atas karakteristik warna otot ikan. Selama penanganan dan penyimpanan hemoglobin larut dengan mudah, sedangkan mioglobin dipertahankan dalam struktur sel. Beberapa moluska, krustasea, dan ikan Antartika dengan spesies tertentu darah tak berwarna, misalnya, tidak mengandung hemoglobin. Kerang memiliki tembaga mengandung protein yang disebut hemosianin.

Kualitas ikan yang dapat dimakan ditentukan oleh hidrolase oksidoreduktase dan enzim transferase. Enzim sarkoplasma bertanggung jawab atas kerusakan otot ikan. Kehadiran protein sarkoplasma memiliki pengaruh buruk pada kekuatan, deformabilitas gel protein myofibrillar, dan kapasitas penahan air. Rendahnya kekuatan gel produk makarel dan sarden dapat dijelaskan dengan kandungan protein sarkoplasmanya. Kandungan dan komposisi protein sarkoplasma dapat bervariasi antar spesies. Pola elektroforesis pecahan protein sarkoplasma dapat dimanfaatkan sebagai sidik jari untuk mengidentifikasi spesies ikan.

### **2.1.3. Protein myofibrillar**

Protein myofibrillar adalah protein struktural yang menyusun 65–70% dari protein otot ikan. Protein myofibrillar dalam larutan garam tinggi. Proporsi



protein myofibrillar terhadap total protein otot lebih tinggi ikan laut daripada hewan darat. Miosin dan aktin bertanggung jawab dalam siklus kontraksi-relaksasi otot. Pada otot post-mortem, myosin dan aktin ada sebagai actomyosin kompleks. Miosin, berkisar antara 50 hingga 60%, membentuk miofilamen tebal, sedangkan aktin, menyumbang 15-20%, komponen utama dari filamen tipis. Titik isoelektrik miosin berada pada pH 5,0–5,3 dan molekul aktin memiliki titik isoelektrik pada pH 4,7. Protein pengatur lainnya adalah tropomiosin, troponin, aktinin, protein C, I dan T. Aktivitas myosin ATPase diperlukan untuk interaksi miosin dengan aktin. Pembentukan actomyosin diblokir oleh pengikatan adenosine triphosphate (ATP) dengan myosin pada organisme hidup. Troponin dan tropomyosin juga bertanggung jawab untuk pencegahan pembentukan actomyosin selama relaksasi. Actomyosin Ikan telah ditemukan labil dan mudah berubah selama pemrosesan dan penyimpanan. Selama penyimpanan beku, aktomiosin menjadi lebih keras. Myosin ikan tidak stabil, menjadi lebih sensitif terhadap denaturasi, koagulasi, degradasi, atau perubahan kimia (Venugopal, 2009). Myosin dan aktin juga bertanggung jawab atas sifat fungsional penting dalam sistem makanan, seperti menahan air, kapasitas pengemulsi, kemampuan mengikat air dan gelasi. Sifat reologi dan fungsional protein ikan memainkan peran penting dalam persiapan produk berbasis surimi. Kemampuan pembentuk gel berbeda di antara spesies ikan. Ikan Cod dan silver dapat memiliki kemampuan gelatinisasi dibandingkan dengan *herring* karena kemampuan *cross-linking* nya dan membentuk agregat protein besar dengan rantai myosin (Chan *et al.* 1992).

#### **2.1.4. Protein stroma**

Materi tidak larut yang tersisa setelah menghilangkan sarkoplasma dan protein myofibrillar dari otot disebut stroma atau jaringan ikat protein. Mereka

sebagian besar terdiri dari kolagen, dengan sisanya menjadi elastin dan gelatin. Protein stroma terletak di matriks ekstraseluler, terhitung 3% dari total protein otot. Namun, ikan elasmobranch seperti hiu, pari dan skate dapat mengandung hingga 10% protein stroma. Kandungan kolagen yang rendah ini memberikan tekstur yang lembut daging ikan (Sivik, 2000). Selama penyimpanan dingin myocommata ikan mungkin gagal menyatukan sel-sel otot, menyebabkan daging menganga.

Kolagen, selain ada di jaringan otot, juga bisa ditemukan sebagai protein struktural utama pada kulit ikan, tulang dan sisik. Protein triple helix mengandung glisin-prolin-hidroksiprolin urutan berulang asam amino glisin. Kolagen yang terdapat pada otot ikan adalah kaya akan asam amino esensial dan lebih termolabil serta mengandung lebih sedikit, tetapi lebih labil, ikatan silang daripada kolagen dari darah panas vertebrata. Perubahan termal kolagen penting dalam panas proses pengasapan, teknologi pengalengan, sterilisasi waktu singkat dan ini pemanfaatan limbah ikan. Otot mantel beberapa spesies cumi bisa menjadi keras setelah memasak karena perubahan termal ini dan perubahan kualitas ikan segar dan beku setelah mati adalah hasil dari perubahan kolagen. Protein digunakan dalam banyak aplikasi industri. Mereka terbentuk emulsi dengan asam lemak tak jenuh, untuk menghasilkan lebih banyak stabilitas terhadap oksidasi. Protein ikan, termasuk myofibrillar dan protein sarkoplasma, telah digunakan sebagai bahan pembentuk film. Bioaktif peptida yang diisolasi dari berbagai hidrolisat protein ikan telah ditunjukkan berbagai bioaktivitas seperti antihipertensi, antitrombotik, aktivitas imunomodulator dan antioksidan (Harnedy & Gerald, 2012). Pemisahan konstituen otot diperlukan untuk berbagai studi fisiologis dan biokimia. Kemampuan protein pembentuk gel sangat penting dalam produk seperti surimi dan kamaboko, yang dikonsumsi di negara-negara timur, seperti Jepang, Cina dan Korea. Oleh karena itu, pemurnian dan

fraksionasi myofibrillar protein telah menarik perhatian para peneliti. Konsentrat protein digunakan sebagai suplemen makanan untuk bayi, olahragawan dan pasien, untuk memperkaya asupan protein, dan diterapkan di berbagai industri makanan seperti gelatin atau agen emulsi.

### **2.1.5. Senyawa nitrogen non-protein**

Selain protein, senyawa nitrogen lainnya juga ada pada otot ikan. Mereka dikategorikan sebagai nitrogen non-protein, termasuk bahan kimia senyawa seperti asam amino, peptida kecil, creatine, creatine fosfat, kreatinin, amina oksida, senyawa guanidin, kuaterner senyawa amonium, nukleosida, dan nukleotida (termasuk ATP). Senyawa ini bertanggung jawab tidak hanya untuk karakteristik sensorik tetapi juga berkontribusi terhadap pembusukan produk perikanan. Mereka sering mudah menguap dan berbau busuk (Alonson *et al.* 2007). Kejadian dan sifat protein dan komponen nitrogen non-protein pada ikan adalah penentu dehidrasi, pembekuan, termoproses dan karakteristik fermentasi (Hargin 2002). Distribusi senyawa ini bervariasi menurut spesies, kesegaran dan faktor lingkungan. Nitrogen non-protein terbentuk sekitar 10% dari total nitrogen pada ikan teleost, 20% pada krustaseha dan moluska dan lebih dari 30% pada elasmobranch (Velankar & Govindan 1958).

### **2.1.6. Asam amino bebas**

Penyusun utama senyawa flavor pada sumber daya kelautan dan perikanan adalah amino asam, nukleotida, senyawa guanidin dan senyawa amonium quarternery. Asam amino individu (seperti glisin, valin, alanin, dan asam glutamat) diketahui berkontribusi pada rasa, bersama-sama dengan komponen degradasi nukleotida seperti inosin (Olafsdottir & Jonsdottir, 2010). Rasa manis udang dan kepiting segar karena konten glisin bebasnya. Udang,

lobster, kepiting, cumi-cumi dan kerang lainnya umumnya mengandung lebih banyak asam amino, termasuk arginin, asam glutamat, glisin, dan alanin, dibandingkan ikan bersirip. Komponen asam amino yang lebih tinggi ini selama musim dingin membuat cumi-cumi lebih enak, dibandingkan dengan yang dipanen pada musim panas (Venugopal, 2009). *Elasmobranch* tampaknya memiliki jumlah asam amino bebas yang lebih tinggi kandungan nitrogennya dibandingkan teleost (Sen, 2005). Beberapa asam amino non-protein unik seperti *taurin*,  *$\beta$ -alanin*, *methylhistidine* dan prolin mendominasi di sebagian besar ikan. Taurin berkontribusi untuk osmoregulasi, berfungsi sebagai cadangan makanan dan aktif pada reaksi pencoklatan *Maillard* (Haard, 1995). Hal ini juga penting dalam perkembangan saraf. Manusia dewasa dapat mensintesis taurin dalam jumlah kecil. Moluska seperti remis dan kerang yang kaya akan taurin, sedangkan kepiting dan beberapa spesies ikan mengandung lebih sedikit taurin (Spitze *et al.* 2003). Otot moluska dan krustasea kaya akan asam amino bebas. Sepertinya Ikan adalah hewan unik di antara hewan penghasil daging karena memiliki histidin bebas di dalamnya otot (Sen, 2005). Otot merah cenderung mengandung lebih banyak histidin daripada otot putih. Jaringan ikan scombroid, seperti tuna dan mackerel mengandung histidin bebas tingkat tinggi, yang dapat diubah menjadi histamin oleh mikroorganisme terkait. Kadar asam amino bebas biasanya akan meningkat selama penyimpanan karena tindakan protease endogen dan eksogen (Gökoglu *et al.* 2004).

### **2.1.7. Peptida**

Tiga dipeptida dasar dicirikan dalam otot ikan: carnosine ( $\beta$ -alanil histidin), anserin ( $\beta$ -alanil-1-metil histidin), dan balenin ( $\beta$ -alanil-3-metil histidin), yang merupakan konstituen karakteristik otot paus. Otot gelap cenderung mengandung senyawa ini lebih banyak carnosine ( $\beta$ -alanil histidin),

anserin ( $\beta$ -alanil-1-metil histidin), dan balenin ( $\beta$ -alanil-3-metil histidin) daripada otot putih. Rasio karnosin terhadap anserin lebih tinggi di air tawar dibandingkan ikan laut. Anserine, serta carnosine, dilaporkan memiliki kemampuan yang kuat untuk menghilangkan radikal hidroksil dan oksigen singlet (Kikuchi *et al.* 2004)

### **2.1.8. Nukleotida**

Sebagian besar nukleotida yang ada dalam otot ikan dibentuk oleh produk degradasi ATP. Pada organisme hidup, kontraksi otot dibubuhi oleh pelepasan energi selama pemecahan ATP. Kapan tingkat oksigen tidak mencukupi setelah kematian, otot cenderung bergeser untuk metabolisme anaerobik. ATP secara bertahap habis oleh membran dan enzim ATPase kontraktil dan metabolisme mikroba juga berkontribusi untuk degradasi. Serangkaian reaksi menghasilkan konversi ATP melalui beberapa senyawa; ATP secara berurutan terdegradasi menjadi adenosin difosfat (ADP), adenosin monofosfat (AMP), inosin monofosfat (IMP), inosin (HxR), dan hipoksantin (Hx) oleh enzim autolitik,. Pada sebagian besar spesies ikan, ATP terdegradasi dengan sangat cepat menjadi IMP, dan senyawa ini dilaporkan diinginkan karena memiliki penambah rasa properti sementara akumulasi Hx lambat dan menghasilkan rasa tidak enak. Konsentrasi ATP dan produk penguraiannya paling banyak digunakan sebagai indeks kesegaran pada banyak spesies ikan. Korelasi yang kuat telah diamati antara katabolisme nukleotida dan hilangnya kesegaran ikan. Menggunakan rasio konsentrasi dari inosin dan hipoksantin terhadap jumlah total turunan senyawa ATP – (nilai K) – adalah pengukuran otot ikan yang baik kualitas. Terjadi degradasi ATP dan nukleotida terkait pada ikan beku terutama sekitar  $-5^{\circ}\text{C}$  dan  $-15^{\circ}\text{C}$  dan ditemukan lebih sedikit pada suhu yang lebih rendah. Oleh karena itu, pengukuran AMP, IMP dan Hx sangat tidak sesuai untuk penentuan kualitas ikan beku. Sejak adenosin nukleotida hampir diubah menjadi IMP dalam jangka

pendek, Ki nilai, yang hanya mengecualikan ATP, ADP dan AMP, digunakan. Nicotinamide adenine nucleotide (NAD) adalah nukleotida lain terdapat pada otot ikan. NAD dan turunannya berfungsi sebagai kofaktor dalam oksidasi/reduksi; NAD<sup>+</sup> juga dapat digunakan sebagai substrat di beberapa reaksi biokimia dalam organisme yang berasal dari laut seperti *Maillard* pencoklatan dan perubahan pH pasca panen. Otot gelap berisi tentang dua kali lipat pada otot putih.

### **2.1.9. Senyawa guanidin**

Bentuk creatine yang terfosforilasi memainkan peran penting dalam ikan otot, bertindak sebagai reservoir energi. Kreatinin fosfat dengan cepat diubah menjadi kreatin bebas karena merefosforilasi ADP menjadi ATP selama kerja otot dan dalam kondisi post-mortem. Kandungan kreatin dari otot ikan bervariasi tergantung pada spesies mulai dari 160 hingga 720 mg/100g. Otot putih cenderung mengandung jumlah guanidin yang lebih tinggi senyawa daripada otot gelap. Invertebrata mengandung lebih sedikit kreatin daripada ikan bersirip. Ada fosfogen lain: arginin, glikosimin, hypotaurocyamine, ophellin dan lombricine. Senyawa tersebut adalah bentuk terfosforilasi dari basa guanidin dan tidak terdapat dalam otot invertebrata.

### **2.1.10 Trimetilamina oksida (TMAO)**

Trimetilamina oksida adalah nitrogen non-protein yang khas senyawa dalam spesies laut. Jumlah TMAO dalam otot bervariasi menurut spesies, umur, ukuran, musim dan salinitas lingkungan. Ikan demersal umumnya mengandung TMAO dalam jumlah yang lebih besar daripada ikan pelagis, dan isinya bervariasi dari 19 hingga 190 mg% (Venugopal, 2009). Ikan pelagis (Sarden, Tuna, dan Mackerel) memiliki nilai tertinggi konsentrasi TMAO pada otot

gelap sedangkan ikan demersal memiliki konten yang jauh lebih tinggi di otot putih. *Elasmobranch* juga mengandung jumlah TMAO yang tinggi, sedangkan pada moluska kandungannya kecil dan tidak signifikan pada spesies ikan air tawar. Ada yang berhubungan langsung antara konten TMAO, habitat dan salinitas. TMAO tampaknya memainkan peran dalam pengaturan tekanan osmotik dalam jaringan ikan dan juga melindungi denaturasi protein. Senyawa ini dapat diabaikan dalam kebanyakan ikan air tawar (Venugopal, 2006). Namun, beberapa spesies tilapia mengandung TMAO. Senyawa TMAO yang tidak berwarna, tidak berbau dan tidak berasa terdegradasi menjadi trimetilamina (TMA) oleh aktivitas TMAO-reduktase. Pembusukan bakteri dan enzimatik. Spesies yang termasuk dalam famili *Enterobacteriaceae* dan beberapa bakteri seperti *Alteromonas Photobacterium* dan *Vibrio* mampu mereduksi TMAO karena merupakan elektron terminal donor (Stelo & Rehbein, 2000). Pembentukan TMA tergantung terutama pada kandungan TMAO pada ikan dan memberikan ciri munculnya bau yang kurang sedap. Pembentukan dimetilamina (DMA) dan formaldehida dari TMAO disebabkan oleh aksi enzim endogen TMAO demetilase. Generasi DMA dan formaldehida berkorelasi dengan perubahan tekstur selama keadaan beku. Produk pemecahan TMAO diukur untuk memberikan informasi dengan indikator kesegaran ikan.

#### **2.1.11. Urea**

Kandungan urea yang tinggi pada otot ikan merupakan ciri khas *elasmobranch* seperti hiu dan pari. Ikan dilaporkan dapat memproduksi, dan mempertahankan sejumlah besar urea di dalam tubuh mereka. Suatu senyawa amonia yang mudah terdegradasi, menyebabkan kenaikan pH dan total nitrogen basa volatil (TVB-N) selama penyimpanan. Urea dipecah oleh aktivitas bakteri urease dengan pembentukan amonia dan karbon dioksida. Di laut,

elasmobranchs, osmolaritas plasma lebih tinggi dari air laut sekitarnya, dan osmoregulasi senyawa nitrogen organik, seperti urea dan TMAO, tinggi. Elasmobranchs air tawar mempertahankan dan mensintesis lebih sedikit urea daripada hewan laut lainnya.

#### **2.1.12. Betaine**

*Glycine* betaine umum terjadi pada otot ikan. Betain memainkan peran penting dalam penyesuaian osmotik dalam berbagai organisme dan digunakan sebagai osmoprotectants dalam makanan sistem. Betaine berlimpah di moluska dan otot krustasea, berkontribusi terhadap rasa. Beberapa ikan laut dan invertebrata dilaporkan mengandung betaine  $\beta$ -alanine. Homorin adalah metabolit triptofan dan umum pada invertebrata. Homarine diterima secara luas berfungsi sebagai osmolit dalam ganggang laut (Affeld *et al.* 2007).

#### **2.1.13. Lipid**

Lipid ditemukan di semua organisme hidup dan berperan dalam pembentukan dan sumber utama energi seluler dan fungsi dalam organisme hidup di mana mereka disimpan. Kandungan energi per gram lipid adalah 9,3 kkal, tergantung pada panjang rantai. Mereka juga memberikan rasa, aroma, warna, tekstur, rasa, dan nilai gizi. Lipid adalah konstituen utama ketiga dalam otot ikan setelah air dan protein. Produsen utama lipida laut di lingkungan laut adalah mikroalga. Pada otot ikan, lipidnya dalam bentuk triasilgliserol dan fosfolipida, keduanya mengandung asam lemak rantai panjang. Selengkapnya tentang sumber ini. Diperlukan sumber untuk mendapatkan trigliserida adalah sumber energi yang tersimpan dan membantu konversi menjadi fosfolipid. Fosfolipid (sekitar 0,7-0,8% dari jaringan) adalah lipid struktural yang mengandung sejumlah kecil kolesterol.



Fosfolipid ikan tropis lebih jenuh daripada ikan dari perairan sedang. Fitosterol juga hadir dalam moluska kerang kerangan, yang timbul dari mikroalga dan sedimen. Pada elasmobranch, seperti hiu, jumlah utama lipid disimpan di hati dan mungkin terdiri dari hidrokarbon berat molekul tinggi seperti squalene. Kandungan lipid dari spesies ikan bervariasi, bahkan di dalam organ tubuh jenis. Perbedaan ini bergantung pada banyak faktor, seperti jenis otot dan lokasinya, usia, jenis kelamin dan kematangan seksual. Ikan sering diklasifikasikan berdasarkan kandungan lemaknya menjadi ramping (lemak kurang dari 5%), ikan berlemak (lemak 5–10%) dan ikan berlemak (lemak lebih dari 10%) (Suriyah *et al.* 1995). Distribusi lipid dalam otot ikan sangat heterogen, khususnya pada ikan dengan kandungan lemak tinggi.

Ikan tanpa lemak hanya menyimpan lemak dalam jumlah terbatas dan disimpan di hati, sedangkan ikan berlemak menyimpan lipid dalam sel-sel lemak yang didistribusikan di jaringan tubuh lain yang terletak di jaringan subkutan, di penutup otot perut, dan di otot menggerakkan sirip dan ekor. Daging ikan berlemak dan berpigmen. Otot merah juga mengandung lemak dua sampai lima kali lebih banyak. Vitamin B, glikogen dan asam nukleat dari otot putih. Dalam berbagai spesies kandungan lemak meningkat selama musim makan dan proporsinya menurun secara substansial setelah pemijahan. Kandungan lemak dipengaruhi oleh faktor eksternal seperti fluktuasi musiman di kondisi lingkungan dan ketersediaan fitoplankton. Pada banyak ikan pelagis, konten lipid mulai dari 12 hingga 20% ditemukan selama musim dingin dibandingkan dengan 3–5% selama musim panas (Venugopal, 2009).

Diketahui bahwa ada hubungan terbalik antara kandungan asam lemak tak jenuh dan suhu lingkungan pada banyak ikan laut. Kolesterol merupakan sterol utama pada ikan laut seperti *haddock*, *pollock*, salmon, dan krustasea seperti Udang dan Lobster. Telah di laporkan bahwa otot ikan rendah kolesterol,

sedangkan udang, cumi-cumi dan gurita tinggi akan kandungan kolesterol. Kandungan otot ikan air tawar lebih banyak kolesterol daripada ikan laut. Tidak ada korelasi yang signifikan antara kadar kolesterol ikan dan musim penangkapan dan tempat penangkapan (Oehlenschlager, 2006). Lipid pada sumber makanan dari laut diketahui menyediakan komponen yang tinggi nutrisi untuk diet manusia, seperti nutrisi vitamin yang larut dalam lemak dan asam lemak poli-tak jenuh esensial dan omega-3 (Ackman, 1989). Organisme yang berasal dari laut berbeda dari sumber lain, menjadi sumber utama rantai panjang dan asam lemak tak jenuh tinggi. Sifat asam lemak pada dasarnya menentukan kualitas lemak. Asam lemak jarang terbentuk dalam bentuk bebas; mereka terutama diesterifikasi menjadi gliserolipid. Keadaan alami asam lemak adalah *cis isomer*, sedangkan pengolahan dapat menimbulkan pembentukan *trans isomer*.

Asam lemak dengan rantai karbon bervariasi dari 10 hingga 22 dan ketidakjenuhan bervariasi hingga enam ikatan rangkap yang umum. Tergantung pada sifat rantai hidrokarbon, lipid ikan tersusun asam lemak jenuh (SFA), asam lemak tak jenuh tunggal (MUFA), dan asam lemak tak jenuh ganda (PUFA), yang proporsi dan jumlahnya bervariasi dari satu spesies ke spesies lainnya.

#### **a. Asam lemak jenuh**

SFA adalah asam karboksilat rantai panjang tanpa ikatan rangkap. Di antara SFA, asam palmitat dan stearat adalah komponen yang penting untuk turunan organisme laut. Komposisi asam lemak dari spesies ikan liar seperti bogue (*Boops boops*), mullet (*Mugil cephalus*), scad (*Trachurus*), sarden (*Sardinella aurita*) pandora (*Pagellus erythrinus*), ikan kalajengking merah (*Scorpaena scrofa*), ikan turbot (*Scophthalmus maeticus*) dan sol umum (*Solea solea*) berkisar antara 25,5% hingga 38,7% SFA, tersusun terutama dalam

komponen asam palmitat (15,5–20,2%) dan asam stearat (3,32–7,27%) (Ozogul & Ozogul, 2007). Konten SFA yang lebih rendah dilaporkan untuk ikan ditangkap dari perairan yang lebih dingin, berbeda langsung dengan temuan ikan yang ditangkap dari suhu yang lebih hangat (Huynh & Kitts 2009). Asam palmitat (C16:0) ditemukan sebagai SFA yang paling melimpah di banyak spesies alga seperti *Porphyra* sp., *Undaria pinnatifida*, *Laminaria* sp., *Hizikia fusiforme*, *Palmaria* sp, *Himanthalia elongata*, *Ulva lactuca* dan *Durvillaea antarctica* (Sanchez-Machado *et al.* 2004; Ortiz *et al.* 2006; Dawczynski *et al.*, 2007). Asam pentadecanoic SFA bilangan ganjil (15:0) dan asam margarat (17:0) mungkin ada dalam jumlah kecil di beberapa spesies seperti bogue, seabream dan seabass (Prato & Biandolino, 2012). Proporsi SFA yang tinggi, seperti 20:0, telah diamati pada bivalvia tersebar di lingkungan yang kaya akan bahan organik dengan kondisi lingkungan bakteri yang melimpah (Galap *et al.* 1999). Nilai minimum rasio PUFA/SFA yang disarankan adalah 0,45 untuk diet seimbang (Simopoulos, 2000). Banyak spesies ikan memiliki nilai yang lebih tinggi dari yang direkomendasikan.

#### **b. Asam lemak tak jenuh tunggal**

MUFA mengandung satu ikatan rangkap karbon di sepanjang rantai hidrokarbon dari asam lemak terkait, sedangkan atom karbon lainnya dihubungkan dengan ikatan tunggal. Dalam kelompok tak jenuh tunggal, asam palmitoleat dan oleat adalah konstituen yang utama. Asam oleat adalah tak jenuh tunggal yang mendominasi asam lemak pada banyak spesies ikan air tawar seperti *Cyprinus carpio*, *Labeo rohita* dan *Oreochromis mossambicus* (Jabeen & Chaudhry, 2011). Asam lemak biasanya mencerminkan jenis diet ikan (Ackman, 1989). Di otot banyak spesies krustasea seperti *Nephrops norvegicus* (*langoustine*), *Palinurus vulgaris* (lobster) dan *Penaeus kerathurus* (Udang)

C16:1n-7 dan C18:1n-9 adalah yang utama MUFA (Tsape *et al.* 2010). PUFA adalah kelompok dominan di sebagian besar spesies; Namun, ada beberapa pengecualian, misalnya ada beberapa jenis ikan dengan kandungan MUFA-nya yang lebih tinggi dibandingkan PUFA.

### **c. Asam lemak tak jenuh ganda**

Asam lemak dengan rantai karbon bervariasi dari 10 sampai 22 dan tidak jenuh bervariasi dari nol hingga enam ikatan rangkap yang umum dalam turunan organisme laut. Sekitar 50% asam lemak dalam ikan tanpa lemak dan 25% dari asam lemak pada ikan berlemak adalah PUFA. Kelompok PUFA disebut sebagai asam lemak omega-3 ( $\omega$ -3) dan omega-6 ( $\omega$ -6) memiliki ikatan rangkap dimulai dari tiga dan enam karbon dari ujung metil asam lemak rantai, masing-masing. Varietas utama PUFA adalah  $\omega$ -3 PUFA, misalnya sebagai asam docosahexaenoic (DHA, C22:6 $\omega$ -3) dan asam eicosapentaenoic (EPA, C20:5 $\omega$ -3), dan  $\omega$ -6 PUFA seperti asam arakidonat (AA, C20:4 $\omega$ -6). Asam lemak omega lainnya seperti linoleat (LA, C18:2 $\omega$ -6) dan asam linolenat (ALA, C18:3 $\omega$ -3) terdapat dalam lemak ikan pada tingkat yang kecil. Komposisi lipid ikan berbeda dengan lipid lainnya karena terutama terdiri dari dua jenis asam lemak, EPA dan DHA. Kedua asam lemak omega-3 utama ini biasanya ditemukan pada ikan laut dan berasal dari fitoplankton dan rumput laut itu merupakan bagian dari rantai makanan mereka. Sumber pangan dari hasil laut kaya asam lemak omega-3 melalui fitoplankton, yang merupakan produsen utama asam lemak omega-3. Mikroalga memiliki kemampuan untuk mensintesis dan mengakumulasi omega-3 PUFA dalam jumlah besar. Lipid dibioenkapsulasi oleh dinding sel alga (Patil *et al.* 2007). Zooplankton adalah penghubung penting antara mikroalga dan lingkungan laut pelagis (Berge & Barnathan, 2005). Karbon tetap melalui fotosintesis dialokasikan untuk pertumbuhan dan sel divisi selama fase pertumbuhan eksponensial mekar

fitoplankton. Oleh karena itu, tingkat glikolipid sangat tinggi pada fase ini, dan proporsi  $\omega$ -3 PUFA dapat mencapai 50% dari total lipid (Berge & Barnathan 2005). Moluska memiliki proporsi EPA dan DHA yang tinggi, yang dilaporkan penting untuk pertumbuhan yang optimal dari beberapa bivalvia remaja. Perbandingan dibandingkan ikan laut, ikan air tawar memiliki kandungan DHA dan EPA yang lebih rendah (Chedoloh *et al.* 2011). Perbedaannya dapat dikaitkan dengan fakta bahwa ikan air tawar sebagian besar memakan tumbuhan dan bahan tanaman, sedangkan diet ikan laut terutama zooplankton, kaya PUFA (Jabeen & Chaudry 2011). Hewan laut di lapisan air atas memiliki sejumlah besar nutrisi melalui fitoplankton, yang menyediakan  $\omega$ -3 PUFA tergantung pada energi matahari. Spesies udang air dangkal memberikan kepuasan jumlah PUFA. Tingkat PUFA udang air dangkal (berkisar dari 33,44 hingga 42,77%) ditemukan lebih tinggi daripada udang air dalam (berkisar antara 29,68 hingga 33,95%) (Yerlikaya *et al.* 2013). Kandungan lemak dan komposisi asam lemak ikan berubah sesuai dengan siklus kehidupannya, jenis kelamin, asupan makanan, lokasi, suhu dan salinitas. Asam arakidonat dapat disintesis oleh manusia dari asam linoleat, dan asam lemak omega-3, seperti EPA dan DHA, dari asam linolenat; Namun, konversi asam lemak ini tidak memadai (Rodriguez *et al.* 2010). Karena tubuh manusia memiliki kemampuan yang sangat terbatas untuk mensintesis asam lemak omega-3 baru, penting untuk mengkonsumsi organisme air untuk menjaga tingkat EPA dan DHA yang sehat. Diketahui bahwa tingkat PUFA yang tinggi pada ikan memberikan manfaat kesehatan termasuk menurunkan hipertensi dan kadar kolesterol, asma, gangguan sistem kekebalan tubuh, kerentanan terhadap penyakit mental, perlindungan terhadap penyakit jantung, dan peningkatan fungsi otak dan mata pada bayi, perkembangan sel saraf pada pertumbuhan anak, dan perlindungan terhadap kanker (Patil *et al.* 2007; Berra *et al.* 2009). Menurut WHO (1994)

merekomendasikan rasio  $\omega$ -6/ $\omega$ -3 tidak lebih dari 5,0. Konsumsi makanan kaya  $\omega$ -3 PUFA akan menyebabkan menjaga rasio asam lemak  $\omega$ -6/ $\omega$ -3 kurang dari 4 dan rasio PUFA/SFA akan lebih tinggi dari 0,4 (Wood *et al.* 2003). penting untuk mengurangi asupan  $\omega$ -6 sambil meningkatkan  $\omega$ -3 dalam pencegahan penyakit kronis (Simopoulos 2002). Rasio  $\omega$ -6/ $\omega$ -3 dari yang dapat dimakan jaringan udang *Metapenaeus monoceros* adalah 0,795, sedangkan nilai ini adalah 0,152 pada *Aristeomorpha foliacea*. Rasio  $\omega$ -6/ $\omega$ -3 lebih rendah masing-masing di 0,079, 0,114 dan 0,090%, (Zlatanov & Laskaridis 2007). Rekomendasi diet menyarankan konsumsi omega-3 harus ditingkatkan dan asupan omega-3 harian rata-rata minimal (EPA+DHA) adalah 0,2 g per orang (Kolanowski *et al.* 2007). Asupan EPA dan DHA yang memadai sangat penting dalam menjaga hidup sehat. Tingkat EPA+DHA berkisar dari 23,45% di *Penaeus semisulcatus* hingga 29,06% di *Penaeus kerathurus* (Yerlikaya *et al.* 2013). Nilai EPA+DHA berkisar antara 23 dan 32% pada udang laut liar (Bragagnolo dan Rodriguez, 2003). Nilai ini adalah 33,35% pada ikan sarden, 26,69% pada ikan teri dan 29,08% pada picarel yang ditangkap pada bulan Desember. Masyarakat dianjurkan untuk mengkonsumsi ikan dan makanan laut lainnya. Ada minat yang meningkat di seluruh dunia dalam penggunaan ikan dan minyak ikan. Para peneliti banyak menghasilkan produk yang diperkaya minyak ikan seperti itu seperti susu, yoghurt, minuman yoghurt, margarin, mayones dan emulsi (Sorensen *et al.* 1998; Timm-Heinrich *et al.* 2004; Kolanowski *et al.* 2007; Gokoglu *et al.* 2012). Masalah utama yang dialami produk ikan yang diperkaya minyak adalah kepekaan dengan PUFA terhadap degradasi oksidatif dan bau amis yang kuat. PUFA sangat rentan terhadap oksidasi pada paparan udara, bahkan pada suhu sekitar, menyebabkan ketengikan oksidatif (Aubourg, 2010). Enzim seperti lipoksigenase, peroksidase, dan enzim mikrosomal dari jaringan hewan berpotensi memulai

peroksidasi lipid yang menghasilkan hidroperoksida. Ini adalah masalah lain yang berkaitan dengan pembentukan ketengikan hidrolitik, yang mengarah pada pembentukan asam lemak bebas. Asam lemak bebas ini bereaksi dengan protein sehingga menyebabkan denaturasi protein.

#### **2.1.14. Karbohidrat**

Karbohidrat merupakan sumber utama energi metabolisme dalam kehidupan organisme. Karbohidrat terjadi dalam glikogen dan sebagai bagian dari bahan kimia penyusun nukleotida pada otot ikan. Jumlah glikogen konten dikaitkan dengan nilai pH akhir dari daging. Nilai ini penting, tidak hanya untuk tekstur, tetapi juga untuk faktor lain, seperti daya ikat air, pertumbuhan bakteri dan warna. Kandungan karbohidrat dipengaruhi oleh kondisi sebelum dan selama penangkapan, yang dapat menyebabkan penipisan simpanan glikogen. Itu jumlah asam laktat yang dihasilkan berhubungan dengan jumlah yang disimpan glikogen dalam jaringan hidup. Pada umumnya otot ikan mengandung kadar yang rendah glikogen dibandingkan dengan mamalia; oleh karena itu lebih sedikit asam laktat yang dihasilkan Setelah mati. Ikan terkena berbagai bentuk stres jangka panjang sebelumnya kematian, yang menghabiskan cadangan glikogennya dan akibatnya pada pH akhir post-mortem. Kandungan karbohidrat dalam organisme turunan laut rendah dan praktis dianggap nol (Payne *et al.* 1999). Padahal, diberitakan bahwa beberapa invertebrata laut dicirikan oleh kandungan tinggi karbohidrat; hingga 10,2% dan 12,5% total gula dapat ditemukan di jaringan subkutikuler lobster berduri dan kepiting biru, dengan jumlah masing-masing, tertinggi glukosa diikuti oleh galaktosa dan manosa. Variasi musiman kandungan glikogen pada kerang (*Mytilus edulis*) adalah juga tinggi, menunjukkan nilai dalam kisaran 4%–37%

dari berat kering jaringan. (Falch *et al.* 2010). Tiram mengandung karbohidrat yang sangat tinggi pada 6,45 % (Nurnadia *et al.* 2011).

### **2.1.15. Mineral**

Vitamin dan mineral sangat penting untuk kehidupan karena kekurangannya menyebabkan terhadap berbagai gangguan kesehatan. Mineral memainkan peran penting dalam reaksi enzimatik, pembentukan struktur kerangka, otot kontraksi, mekanisme sistem koloid (tekanan osmotik, viskositas, difusi) dan pengaturan keseimbangan asam-basa. Mineral dibagi menjadi dua kelompok yaitu unsur makro dan unsur mikro. Elemen Makro adalah unsur yang hadir dalam jumlah lebih besar dari 5 g dalam tubuh manusia dan termasuk kalsium, fosfor, kalium, belerang, natrium, klorida dan magnesium. Unsur mikro hadir dalam tingkat mikrogram per 1 gram makanan. Keduanya penting untuk kesehatan manusia. Semua jenis ikan dan kerang menyajikan kandungan kebanyakan mineral yang seimbang. Senyawa mineral diambil dan diakumulasikan oleh organisme akuatik baik dari medium sekitarnya maupun melalui sumber makanan. Kandungan mineralnya bervariasi tergantung musim, karakteristik biologis (spesies, umur, ukuran, jenis kelamin, dan kematangan seksual), sumber makanan, faktor lingkungan (suhu dan salinitas air sekitarnya, kehadiran plankton, kontaminan) dan pengolahan. Organisme yang berasal dari laut merupakan sumber yang sangat berharga dari mineral seperti kalsium dan fosfor, serta besi, tembaga dan selenium. Kandungan mineral total pada daging ikan basah berkisar antara 0,6 sampai 1,5%. Kalsium dan fosfor menyumbang lebih dari 75% dari mineral dalam kerangka. Kerangka ikan mengandung 35–58% protein hingga 65% bahan anorganik, tergantung pada umurnya. Secara umum, Kerang cenderung menjadi sumber mineral yang lebih kaya daripada ikan. Satu porsi rata-rata ikan atau



invertebrata laut bisa memuaskan total kebutuhan manusia untuk unsur mikro esensial.

#### **2.1.16. Makroelemen**

Kalsium dan fosfor merupakan mineral yang paling melimpah pada ikan, manusia dan organisme lainnya, dan sebagian besar mereka hadir di tulang. Kalsium diperlukan untuk pembentukan tulang dan fungsi pengaturan. Fosfor merupakan komponen utama tulang, gigi dan merupakan pengatur metabolisme energi. Produk perikanan adalah sumber yang baik dari mineral ini. Tulang ikan kecil sering dimakan bersama dagingnya, meningkatkan asupan kalsium dan fosfor. Tiram, Kerang dan Udang mengandung lebih banyak kalsium daripada Ikan dan Daging lainnya karena pembentukan cangkang dan fungsi otot. Produk yang berasal dari tulang dan jaringan berkapur lainnya dari pengolahan limbah makanan laut sangat berguna karena kandungan mineralnya yang tinggi. Spesies rumput laut juga mengandung kalsium dan fosfor. Fosfor tersedia sebagai garam kalsium, magnesium, dan natrium. Magnesium ditemukan dalam tulang diikuti oleh otot, jaringan lunak dan cairan tubuh. Magnesium sangat penting untuk metabolisme energi dan sintesis protein. Produk perikanan adalah sumber magnesium yang buruk. sel darah merah Ikan mengandung magnesium. Kalium, natrium, dan klorida adalah elektrolit yang berfungsi osmoregulasi, pengaturan keseimbangan asam-basa dan transpor lintas membran sel. Kalium meningkatkan pertumbuhan sel dan membantu mempertahankan tekanan darah normal, sementara klorin memungkinkan pemeliharaan dari keseimbangan elektrolit. *Seafood* segar rendah sodium, yang membuatnya cocok untuk diet rendah sodium. Namun, kandungan mineral ini meningkat selama pemrosesan dengan penambahan garam atau yang mengandung senyawa natrium. Ada variasi yang luas dalam

kandungan natrium ikan. Kandungan natrium adalah 60 mg/100 g pada ikan air tawar dan laut, dan 120–140 mg/100 g dalam kerang. Konsentrasi kalium dilaporkan lebih tinggi dari kandungan natriumnya, mulai dari 198 hingga 440 mg/100 g dalam Seafood (Gökoglu, 2002). Selain itu, kepiting kaya akan kandungan mineral, terutama natrium, kalium, kalsium dan fosfor (Gökoglu & Yerlikaya 2003).~

### **2.1.17. Elemen Mikro**

Konsumsi rata-rata porsi ikan dan invertebrata laut memenuhi kebutuhan sehari-hari dalam hal unsur mikro esensial. Besi adalah komponen penting dari protein pembawa oksigen, hemoglobin, mioglobin, dan sitokrom. Besi juga terlibat dalam aksi banyak enzim sebagai kofaktor. Dalam produk daging, heme dan besi non-heme ditemukan dalam rasio 2:3. Zat besi heme ditemukan dalam daging lebih mudah diserap daripada zat besi non-heme yang ditemukan pada tanaman dan sayuran. Otot gelap ikan cenderung mengandung lebih banyak zat besi daripada otot putih. Namun, dilaporkan bahwa kandungan besi otot sapi sekitar tiga kali lebih tinggi dari otot ikan. Seng dapat meningkatkan sistem kekebalan tubuh, pertumbuhan dan perbaikan jaringan. Seng hadir pada lebih dari 70 enzim, memungkinkan pengaturan banyak aktivitas metabolisme. Tiram adalah sumber seng terkaya yang berasal dari konsentrasi hewan, seng terendah terdapat pada ikan dan mamalia, di antaranya organisme laut. Hati, jeroan, insang, sisik dan susu mengandung konsentrasi seng lebih tinggi daripada otot ikan. Toksisitas seng dapat menyebabkan defisiensi tembaga dan dapat merusak sistem kekebalan tubuh. Moluska dan krustasea adalah sumber seng dan tembaga serta yodium yang baik. Tembaga, yang diperlukan untuk pemeliharaan pembuluh darah, tendon dan tulang, cukup tersedia dari krustasea, terutama lobster. Otot ikan mengandung tembaga sebanyak hewan

darat. Akumulasi tembaga pada ikan dipengaruhi oleh musim, suhu, salinitas dan keberadaan logam lain seperti mangan dan besi dalam air. Mangan tersedia dari krustasea dalam jumlah yang cukup, terutama lobster, dan dapat memenuhi seluruh kebutuhan unsur mikro esensial manusia. Moluska dan krustasea mengandung tingkat mangan yang lebih tinggi daripada ikan secara signifikan. Yodium dan fluorida juga hadir dalam kelimpahan relatif pada ikan. Ikan laut dan kerang merupakan sumber yang kaya yodium, yang paling tinggi tiram, diikuti oleh kerang, lobster, udang, udang karang, dan ikan laut. Kandungan yodium ikan air tawar lebih rendah dari ikan laut. Ikan air laut merupakan sumber yodium yang sangat baik. Ikan memiliki konten fluor tertinggi di antara sumber makanan asal hewani. Semua organisme yang berasal dari laut merupakan sumber penting selenium dan yodium. Ikan dan kerang mengandung konsentrasi selenium yang jauh lebih tinggi dibandingkan daging lainnya. Selenium memberikan perlindungan terhadap toksisitas merkuri dan kadmium. Ikan tertentu seperti tuna khususnya merupakan sumber mineral makro yang baik seperti magnesium dan trace element seperti selenium. Beberapa unsur mikro – logam berat beracun seperti merkuri, arsenik, timbal dan kadmium – tidak perlu dalam konsentrasi tinggi untuk menimbulkan kerugian. Logam berat diakui sebagai salah satu polutan yang paling penting, dan akumulasi mereka dalam organisme dipantau untuk keamanan konsumsi makanan laut. Ikan mengambil logam berat dari makanan dan air yang lewat insang mereka. Wilayah laut yang memiliki konsentrasi fitoplankton tinggi, turunan organisme laut cenderung menumpuk logam berat lebih banyak dibandingkan daerah lain. Beberapa spesies berumur panjang, terutama predator, dikenal menyimpan jumlah logam berat yang lebih tinggi dalam organ yang berbeda. Invertebrata cenderung mengakumulasi lebih banyak logam daripada ikan sebagai akibat dari perbedaan

dalam strategi evolusi yang diadopsi oleh berbagai filum. Crustacea dilaporkan menjadi bioindikator penting dari pencemaran logam berat.

### **2.1.18. Vitamin**

Vitamin adalah senyawa organik yang penting untuk reaksi dalam tubuh. Mereka berfungsi sebagai kofaktor atau koenzim dalam reaksi biokimia. Vitamin bukanlah sumber energi. Namun, memungkinkan untuk asimilasi karbohidrat, protein dan lemak. Vitamin juga memainkan peran penting dalam pembentukan sel darah, hormon dan neurotransmitter. Vitamin hadir dan efektif dalam jumlah hitungan menit; kebanyakan dari mereka tidak dapat disintesis oleh organisme.

Komposisi kimia ikan Ketidakhadiran Vitamin dari diet menyebabkan kekurangan vitamin tertentu. Oleh karena itu, vitamin adalah elemen nutrisi penting yang harus disediakan dalam makanan. Vitamin dibagi menjadi dua kelompok berdasarkan kelarutannya dalam lemak (A, D, E, K) dan air (B kompleks dan C). Baik yang larut dalam air maupun vitamin yang larut dalam lemak yang terdapat pada ikan. Jumlah vitamin dan mineral pada spesies spesifik bisa bervariasi dengan banyak faktor seperti musim, umur, makan dan faktor lingkungan. Vitamin ditemukan di dalam tubuh atau hati tergantung pada apakah ikan itu kurus atau gemuk. Spesies berlemak memasok vitamin A dan D dalam jumlah yang wajar, yang ditemukan terutama dalam minyak hati ikan. Vitamin ini terus menumpuk di hati seiring bertambahnya usia. Beberapa mobilisasi vitamin dari otot ke jaringan lain dapat terjadi selama kematangan seksual. Komposisi vitamin yang larut dalam air dari ikan alam liar dapat berubah selama migrasi, pematangan, dan saat makanan langka.

### a. Vitamin yang larut dalam lemak

Vitamin A, D, dan E yang larut dalam lemak terdapat dalam makanan laut dalam berbagai jumlah variasi, seringkali dalam konsentrasi yang lebih tinggi daripada daging lainnya. Vitamin A (retinol) sebagai retinoid, terutama ester retinil, berlimpah dalam beberapa makanan turunan laut, sedangkan karotenoid bertanggung jawab untuk warna ikan dan kerang. Tubuh manusia mengubah  $\beta$ -karoten menjadi vitamin A. Karotenoid sangat terkonsentrasi pada minyak hati ikan, tetapi sejumlah kecil ditemukan di otot atau *fillet* ikan. Konsentrasi vitamin A di hati tergantung pada spesies dan faktor lain seperti ukuran ikan, siklus pemijahan, musim dan pakan. Ada satu lagi senyawa – CH=CH– yang ada dalam struktur vitamin A pada ikan air tawar dibandingkan ikan laut, mendefinisikan vitamin A2. Paparan udara dan panas, dan waktu penyimpanan juga mempengaruhi kerusakan senyawa vitamin A. Daging ikan berlemak atau setengah berlemak merupakan sumber vitamin D yang sangat baik. Seperti pada manusia, vitamin D disintesis dari *7-dehydrocholesterol* pada ikan setelah terpapar sinar ultraviolet (UV) dari matahari. UV diserap oleh air. Jadi, banyak vitamin D pada ikan berasal dari makanan yang berasal dari plankton, bertindak sebagai sumber kedua vitamin D2 dan D3 (Lund, 2013). Vitamin ini dikenal dengan aktivitas antirakitisnya. Minyak hati ikan adalah sumber vitamin D terkaya, dan minyak laut lainnya turunan organisme seperti ikan bersirip dan kerang adalah kontributor vitamin D alami. Konsentrasi vitamin D lebih rendah pada elasmobranch daripada ikan teleost karena kebutuhan vitamin D lebih sedikit dari elasmobranch untuk kalsifikasi jaringan struktural mereka. Pemrosesan makanan, pemasakan, dan penyimpanan makanan umumnya tidak mempengaruhi konsentrasi vitamin D. Makanan laut menyediakan sedikit vitamin E. Vitamin E ada di dalamnya dalam delapan bentuk berbeda: empat tokoferol ( $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ - dan  $\delta$ -tocopherols) dan empat

tokotrienol ( $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ - dan  $\delta$ -tokotrienol).  $\alpha$ -tokoferol, sebuah antioksidan alami, telah ditemukan sebagai tokoferol utama dalam hewan laut yang melindungi asam lemak dari degradasi oksidatif. Ikan tidak dapat mensintesis vitamin E, dan karenanya, konsentrasinya vitamin E nya berhubungan dengan pakan. Otot gelap ikan memiliki lebih banyak vitamin E daripada otot putih, dan kerang memiliki lebih sedikit kandungan vitamin E. Kril adalah sumber vitamin E yang sangat baik (Kim, 2010). Faktor antihemoragik, vitamin K, juga terdapat pada ikan. Kehadiran vitamin yang larut dalam lemak di hati ikan tanpa lemak menarik perhatian industri sebagai suplemen vitamin. Mamalia laut dan ikan seperti cod, mackerel, hiu dan ikan todak dianggap sebagai sumber vitamin potensial. Minyak hati dari ikan hiu dan tuna kaya akan vitamin A.

#### **b. Vitamin yang larut dalam air**

Ikan dianggap sebagai sumber vitamin B kompleks yang baik. hati ikan, telur, susu dan kulit merupakan sumber tiamin (B1), riboflavin (B2), B6, asam pantotenat, biotin dan B12. Makanan laut menyediakan tiamin dalam jumlah sedang (B1). Kebanyakan ikan dan makanan laut memiliki sejumlah kecil tiamin dalam bentuk tiamin mono-, di-, trifosfat, bervariasi menurut spesies. Kandungan tiamin bervariasi secara individual dalam spesies yang sama tergantung pada tuntutan metabolisme. Vitamin larut air yang berlebihan cenderung dibuang tubuh. Daging ikan berwarna gelap mengandung lebih banyak tiamin daripada lainnya, umumnya terkonsentrasi di hati dan ovarium. Ikan mentah dan kerang mengandung thiaminase, enzim yang menghancurkan tiamin, yang tidak aktif selama proses pemasakan. Tiamin dihancurkan oleh panas dan oksigen, atau hilang dalam air rebusan atau bila terkena dosis rendah radiasi. Riboflavin (B2) bekerja dengan koenzim yang terikat protein, flavin adenin dinukleotida (FAD) dan flavin mononukleotida (FMN), dan berperan

dalam konversi energi dari lemak dan karbohidrat. Makanan laut umumnya merupakan sumber riboflavin yang sederhana, yang lebih sedikit daripada di produk daging lainnya. Beberapa spesies seperti mackerel dan cumi merupakan sumber Vitamin B2 yang baik. Jaringan ikan yang aktif secara metabolik kaya akan riboflavin. Otot gelap mengandung riboflavin 10-20 kali lebih banyak daripada Otot putih. Riboflavin stabil terhadap panas dan kondisi asam. Niasin (B3) ikan dan makanan laut bervariasi tergantung pada berbagai ikan atau makanan laut. Ikan putih tanpa lemak dan kerang cenderung berisi jumlah niasin yang lebih kecil daripada spesies ikan berlemak seperti mackerel, salmon dan tuna. Ikan dan kerang adalah sumber vitamin B6 yang baik, terutama ditemukan di hati dan ovarium . Spesies Ikan pelagis kaya akan vitamin B3. Ikan air tawar cenderung mengandung vitamin B6 yang lebih rendah daripada spesies laut. Vitamin B6 tidak stabil terhadap cahaya tampak dan UV, tapi stabil dalam suasana asam. Ikan dan makanan laut hanya mengandung vitamin B3 dalam jumlah sedang) kecuali salmon, trout dan abalone, yang merupakan sumber vitamin B5 yang bagus. Kandungan vitamin daging ikan budidaya berubah tergantung pada pemberian pakan. Vitamin ini terletak di indung telur, otot dan jantung berwarna gelap . Ikan dan kerang, terutama tiram, merupakan sumber yang kaya dari vitamin B12. Otot gelap ikan cenderung mengandung jumlah B12 yang tinggi dibandingkan dengan otot putih. Tidak seperti vitamin yang larut dalam air lainnya, Vitamin B12 disimpan dalam hati. Kehilangan dalam jumlah besar vitamin larut dalam air dapat terjadi dalam *blansing* atau proses perebusan makanan, pencucian ke dalam air rebusan, dan kehilangan selama *thawing*. Otot ikan laut dan ikan air tawar serta budidaya umumnya mengandung vitamin C (asam askorbat) dalam jumlah rendah, biasanya tidak melebihi 1 mg/100g. Hilangnya asam askorbat pada ikan dan produk perikanan terjadi selama penyimpanan dan pemrosesan, karena kepekaannya terhadap

oksidasi. Hati, ginjal dan otak mengandung asam askorbat dalam konsentrasi tinggi.

### 2.5.3. Ikan Ekonomis penting dan jenis olahannya

**Tabel 2.2.** Beberapa komposisi proksimat jenis ikan ekonomis penting

Jenis Ikan	Kandungan Gizi per 100 gram				
	Kalori	Protein (gr)	Lemak (gr)	Kolesterol (mg)	Zat besi (mg)
Salmon	116	19.9	3.45	52	0.77
Tenggiri	112	21.4	2.3	33	0.9
Tongkol	111	24	1	46	0.7
Kakap	111	24	1	46	0.7
Kembung	112	21.4	2.3	33	0.9
Bawal	84	18.2	0.7	44	0.4
Bandeng	84	14.8	2.3	58	0.3
Mas	130	18.3	5.8	67	1.3
Mujair	84	18.2	0.7	44	0.4

#### Ikan Kakap Putih

Ikan bass mengandung beberapa vitamin dan mineral penting bagi tubuh, seperti vitamin A, vitamin D, natrium, kalsium, selenium, zat besi, dan kalium. Selain merupakan ikan yang aman dikonsumsi, ikan barramundi juga relatif rendah bahan kimia berbahaya seperti merkuri dan PCB. Kakap merupakan salah satu jenis ikan yang mempunyai nilai ekonomis dan banyak dikonsumsi dalam keadaan segar oleh masyarakat. Berdasarkan kandungan protein dan lemaknya, mengandung protein tinggi ( $15 \pm 20\%$ ) dan rendah



lemak (5%) ikan tipe A; dan 80,3% air; 0% karbohidrat; dan abu 1,1% (Afrianto dan Liviawaty, 1989).



**Gambar 2.3.** Ikan Kakap Putih (*Lates calcarifer*)  
Sumber: <https://nt.gov.au/marine/recreational-fishing>

### **Ikan Kakap Putih Sebagai Bahan Baku Gelatin**

Studi tentang produksi *edible film* dari gelatin ikan dan karakteristiknya adalah hal yang sangat baru, dan memang begitu mengamati bahwa semua gelatin ikan menunjukkan sifat pembentuk film yang sangat baik (Avena *et al.*, 2006). *Film* Gelatin dari Ikan Kakap putih, yang merupakan jenis spesies ikan air hangat, dilaporkan menunjukkan stres dan sifat rheologi mirip dengan gelatin tulang sapi (Muyonga *et al.*, 2004). *Film* dari gelatin kulit tuna yang diplastisasi dengan gliserol menyajikan permeabilitas uap air yang lebih rendah dibandingkan dengan nilai yang dilaporkan untuk gelatin kulit babi (Guille'n *et al.*, 2007).

Nilai yang lebih rendah (dibandingkan dengan nilai terestrial) telah dilaporkan pada beberapa spesies ikan berdasarkan karakteristik kulit, yang dapat dijelaskan oleh komposisi asam amino: karena cal-gelatin diketahui mengandung lebih sedikit prolin terutama hidrosiprolin, yang memiliki sifat hidrofobik tinggi (Bustillos *et al.*, 2006). Gugus hidroksil hidrosiprolin dapat menarik air karena higroskopisitasnya yang tinggi. Kakap merupakan salah satu jenis ikan yang mempunyai nilai ekonomis dan banyak dikonsumsi dalam keadaan segar oleh

masyarakat. Berdasarkan kandungan protein dan lemaknya, mengandung protein tinggi ( $15 \pm 20\%$ ) dan rendah lemak (5%) ikan tipe A; dan 80,3% air; 0% karbohidrat; dan abu 1,1% (Afrianto dan Liviawaty, 1989) juga melaporkan hasil yang sebanding bahwa ikan air tawar memiliki kandungan air yang lebih tinggi dibandingkan ikan laut.

Gelatin adalah sejenis protein yang diekstraksi dari jaringan kolagen hewan. Pada hewan, kolagen ditemukan di tulang, kulit, dan jaringan ikat. Gelatin yang diekstraksi dari kulit halibut terbukti cocok kapasitas filmogenik, mengarah ke transparan, berwarna lemah dan film yang sangat bisa dikembangkan. Penguapan menengah langkah pada  $60^{\circ}\text{C}$  dalam prosedur industri untuk pengeringan degradasi protein termal yang diinduksi gelatin, menyebabkan film yang dihasilkan menjadi kurang tahan secara signifikan dan lebih dapat diperluas. Tidak adanya perbedaan struktural yang nyata, dalam hal suhu transisi kaca antara dua jenis gelatin dan film yang dihasilkan, menunjukkan hal itu perilaku mekanis yang berbeda dari film adalah hasil dari sedikit perbedaan dalam berat molekul distribusi fraksi kedua jenis gelatin. Dengan demikian, gelatin dengan dominasi berat molekul rendah fraksi tampaknya lebih plastis oleh sorbitol molekul, mendukung ekstensibilitas yang lebih tinggi dan resistansi yang lebih rendah pada film yang dihasilkan. Gelatin yang diekstraksi dari kulit halibut terbukti sesuai dengan filmogenik, mengarah ke transparan, berwarna lemah dan film yang sangat bisa dikembangkan.

**Tabel 2.3.** Komposisi asam amino gelatin dari kulit ikan halibut

Asam amino	Ge+sd	Gsd
Alanine	10,3	10,5
Arginine	11,4	11,8
Aspartic Acid	5,8	5,8
Glycine	20,7	20,9

Isoleucine	1,1	1,1
Leusin	2,9	2,8
Glutamic Acid	9,7	9,4
Lysine	3,4	3,4
Methionine	1,5	1,2
Phenilalanine	2,3	2,2
Tyrosine	0,6	0,5
Threonine	2,2	2,4
Proline	10,0	9,8
Valine	1,9	1,9
Hydroxiprolin	9,6	9,6
Histidine	0,8	0,9
Serine	5,3	5,8

### **Kandungan Protein**

Protein dianggap sebagai biomolekul yang paling serbaguna terdiri dari asam amino yang disatukan oleh ikatan peptida. Konsentrasi asam amino dan pencernaan protein ikan sangat tinggi, sekitar 85%–95% (Pal *et al.*, 2018). Protein ikan sejak lama dianggap memiliki nilai gizi yang tinggi dan memiliki efek kesehatan yang sangat besar dan bermanfaat dalam kebutuhan nutrisi manusia (Khalili & Sampel, 2018). Hal ini terutama bertanggung jawab untuk membangun dan memperbaiki jaringan otot, meningkatkan kualitas darah dan sistem kekebalan tubuh. Protein imunoglobulin bertindak sebagai mekanisme pertahanan yang efektif terhadap virus dan infeksi bakteri dan juga membantu dalam pemeliharaan keseimbangan air dan sistem elektrolit pada manusia (Balami *et al.*, 2019). Meskipun fungsi yang dilakukan oleh protein ikan masih dalam tahap awal, tetapi studi terkait dengan resistensi insulin, masalah terkait obesitas, perkembangan kanker, osteoporosis, metabolisme sindrom dan peradangan telah diteliti. Protein

ikan, peptida atau hidrolisat telah menggambarkan peran penting dalam berbagai bidang yang hampir sama banyaknya dengan lemak ikan (Khalili Tilami & Sampel, 2018). Secara umum, jumlah protein dalam otot ikan antara 15% dan 25% (Ryu *et al.*, 2021). Perbedaan dalam kandungan protein ikan dapat dipengaruhi oleh pakan dan kemampuan perkembangbiakannya . Kandungan protein dan lemak pada ikan bergantung pada berbagai faktor seperti jenis kelamin, umur, ukuran, fluktuasi musiman dan habitat.

Protein memegang peranan penting dalam pertumbuhan optimum ikan (Wu & Gatlin, 2014) dan dianggap protein paling mahal (Deng *et al.*, 2011). Gurunathan *et al.*, (2015) menyatakan bahwa ikan sebagai sumber protein hewani yang potensial dapat berperan penting dalam mencegah malnutrisi protein-kalori. Keberadaan tingkat protein yang tidak memadai dalam diet ikan menyebabkan terhentinya atau berkurangnya pertumbuhan ikan (Ahmed & Maqbool, 2017). Namun jika protein dalam konsentrasi berlebih, maka kelebihan protein melalui oksidasi asam amino diubah menjadi energi dan dapat dimetabolisme dan menyebabkan peningkatan pelepasan residu nitrogen (Wu & Gatlin, 2014). Umumnya, tiga jenis protein ditemukan dalam otot ikan adalah: myofibrillar atau protein kontraktile (aktin, miosin, tropomiosin dan aktomiosin) yang terdiri dari sekitar 60%–65% dari total kandungan protein; sarkoplasma atau protein enzimatis (albumin, globulin dan enzim) terdiri dari 30% –35% dari total protein dan stroma atau protein jaringan ikat (kolagen) protein total dan stroma atau protein jaringan ikat (kolagen) yang merupakan sekitar 3%–5% dari total protein Balami *et al.* (2019) melaporkan bahwa karena terjadinya penurunan tingkat jaringan ikat, otot ikan biasanya dianggap sebagai lebih mudah dicerna dibandingkan dengan protein hewani lainnya. Banyak penelitian telah dilakukan pada kandungan protein ikan dari berbagai bagian di dunia.

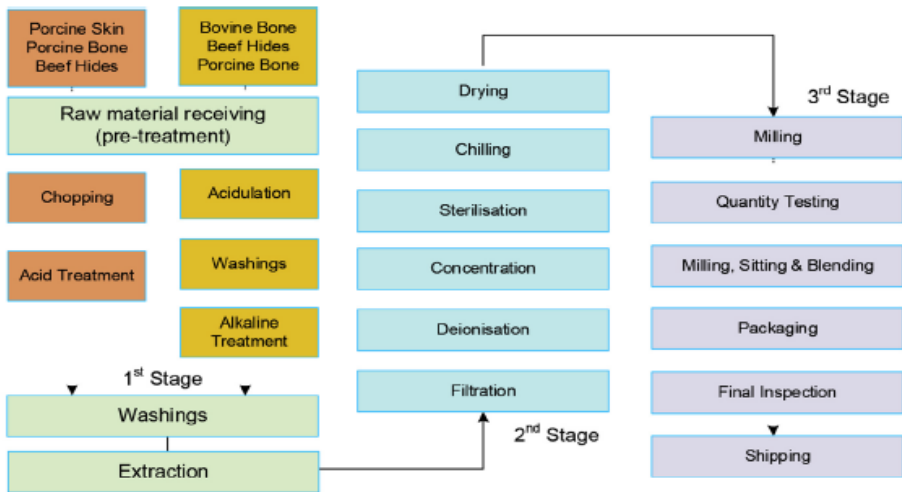
**Tabel 2.4.** Komposisi kimia Ikan Kakap Putih

<b>Determinasi</b>	<b>Nilai</b>
pH	7,3±0.01
Kadar air	77.95 ± 0.03a
Kadar abu	1.24 ± 0.05
Kadar protein	17.74 ±0.40a
Kadar lemak	1.40± 0.03a
Karbohidrat	1.67±0.13a
Nilai Kalori	83.56±0.12a
Kolesterol	115.17±0.71a

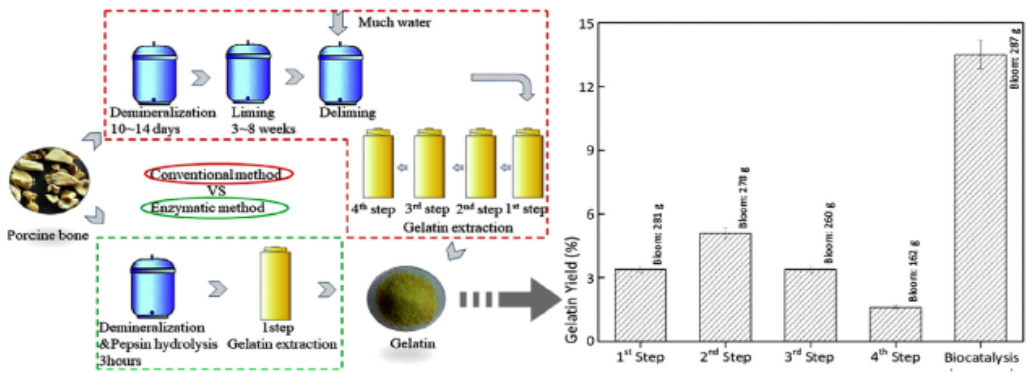
\*Huruf notasi yang berbeda(a-b) pada kolom yang sama menunjukkan perbedaan signifikan ( $p \leq 0.05$ ).

Halibut Atlantik (*Hippoglossus hippoglossus*) adalah spesies ikan pipih yang melimpah dan sangat dicari. Dagingnya tegas dan putih dan sering dikomersialkan dalam bentuk dari *fillet* beku tanpa kulit. Pengolahan ini menghasilkan jumlah kulit sebagai residu yang besar, yang dapat digunakan untuk memproduksi gelatin dengan potensi filmogenic tinggi.

Urutan asam amino, terutama yang termasuk prolin dan hidroksiprolin, yang mengontrol sifat utama gelatin, misalnya, suhu leleh dan pembentuk gel dan juga dapat berkaitan dengan kestabilan matriks polimer yang terbentuk. Kolagen ikan memiliki kandungan prolin dan hidroksiprolin yang lebih rendah (dari sekitar 16% hingga 18%) dibandingkan dengan kolagen dari hewan berdarah panas (mendekati 24%). Secara umum gel yang dihasilkan dengan gelatin ikan kurang stabil dibandingkan dengan yang diproduksi oleh sapi atau gelatin kulit babi, dan ini membatasi penerapannya.

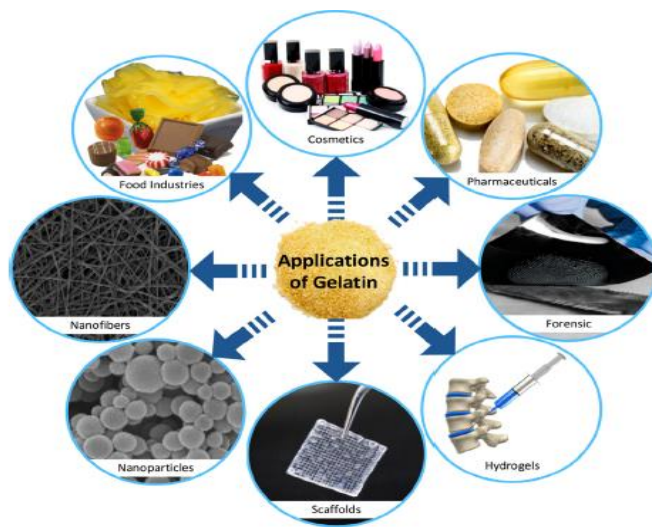


(a) industrial setup for manufacturing and production of porcine/bovine-based gelatin



(b) setup to optimized gelatin extraction process from conventional to enzymatic approach

**Gambar 2.4.** Proses pembuatan dan produksi Gelatin  
Sumber: Allpall *et al.*, 2020



**Gambar 2. 5. Aplikasi Pemanfaatan Gelatin pada Berbagai Produk Industri**

Proses produksi industri gelatin dari sumber alami (produk samping babi dan sapi) ditunjukkan pada Gambar. Di dalam industri, kulit dan tulang babi atau kulit sapi dipertimbangkan menjadi gelatin tipe A dan tipe B dan biasanya diekstraksi dari bahan baku berbasah dasar daging sapi, terkadang juga dari tulang babi.

Asam umum dan zat basa yang digunakan untuk mengekstraksi mineral dan bakteri dari bahan bak di industri adalah kapur kaustik atau natrium karbonat. Gambar proses produksi gelatin menunjukkan bahwa, pada tahap pertama produksi gelatin, pra-treatment asam menghasilkan gelatin tipe A, sedangkan hidrolisis basa menghasilkan gelatin tipe B. Proses dan parameter khas dalam mengekstraksi gelatin, khususnya babi dan berbasah dasar sapi secara berurutan; (i) degreasing: mengurangi lemak 2% dengan merendamnya setelah dibersihkan dalam air panas sebelum dipanggang setidaknya selama 30 menit pada suhu 100°C. (ii) pra-treatment: direndam dalam wadah asam (kapur kaustik, biasanya asam klorida 4%, pH HCl <1,5) atau alkali (kalium atau natrium karbonat, Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> pH > 7) sekitar 5 hari. (iii) ekstraksi: dimasukkan ke dalam ekstraktor dan direbus

dalam air suling, yang kemudian gelatin cair yang dihasilkan disterilkan dengan *flashheating* sekitar 140°C dalam empat detik. (iv) penguapan: cairan disalurkan melalui filter untuk memisahkan potongan-potongan tulang, jaringan atau kulit yang masih melekat. Cairan yang disaring disalurkan ke evaporator untuk memisahkan cairan dari gelatin padat. (v) penggilingan: padatan agar-agar ditekan menjadi lembaran, lalu digiling menjadi bubuk halus (pemanis, perasa, dan pewarna dapat ditambahkan pada saat ini).

Pada tahap awal ekstraksi gelatin, produk sampingan kulit hewan, ikan atau unggas yang telah diolah sebelumnya berada dalam keadaan campuran antara gelatin cair yang belum matang dan kolagen tidak larut. Untuk memecahkan campuran yield menjadi gelatin yang optimal, bahan pra-treatment lebih lanjut direbus dalam air dengan suhu di atas 45°C. Bahan kimia yang digunakan, biasanya HCl atau NaOH selama pra-treatment pada kolagen memecah ikatan non-kovalen untuk mengacaukan struktur protein, menyebabkan pembengkakan dan kelarutan yang cukup. Pada tahap ini, tambahan perlakuan panas adalah pemisahan ikatan hidrogen dan kovalen sehingga akan mengacaukan rantai triple helix, yang mengarah pada pembentukan transisi helix-to-coil dan konversi menjadi gelatin larut.

Selain keunggulan di atas, pemanfaatan kulit ikan kakap dalam industri penyamakan dan pengolahan produk kulit komersial dapat meningkatkan diversifikasi produk perikanan dan sumber lapangan usaha baru produktif dalam jumlah banyak, juga dalam industri kerajinan tangan, sarung dan kerajinan kulit lainnya.



## Penggunaan Ikan Kakap Putih Sebagai Chitosan

Kitosan merupakan turunan dari polimer kitosan yang banyak ditemukan pada limbah industri perikanan. Pembentukan kitosan terjadi melalui deasetilasi kitin. Deasetilasi dilakukan dengan mereaksikan kitin dengan NaOH 50% pada suhu 110 °C selama 60 menit. Penggunaan NaOH 50% untuk deasetilasi dapat memutus ikatan kuat antara ion nitrogen dan gugus karboksil kitin. Deasetilasi kitin menjadi kitosan menggunakan larutan NaOH pekat (40-50%) pada suhu 100°C atau lebih tinggi untuk menghilangkan sebagian atau seluruh gugus asetil kitin. Kandungan protein pada sisik ikan berbeda-beda tergantung jenisnya. Farmer *et al.* (2016) melaporkan sisik ikan kakatua mempunyai protein 32,30%, babi merah 28,49%, ikan napoleon 36,50%, ikan salmon 25,09% dan ikan shareia 25,70%. Wibowo *et al.* (2016) melaporkan bahwa 27% sisik ikan kakap merah dan ikan gurami memiliki kandungan protein sebesar 0,55%. Rumenga *et al.* (2019) melaporkan kandungan protein sisik ikan sebesar 30%. Susanti dan Purwanti (2020) melaporkan kandungan protein sisik ikan sebesar 25,81%. Rendemen kitosan yang diperoleh berbeda-beda untuk jenis ikan yang berbeda. Rendemen kitosan tertinggi adalah *Lethrinus sp.* (13,22%), diikuti oleh *Caesio chrysozona* (7,74%), *Upeneus mulocensis* (0,80%) dan *Scarus rivulatus* (0,05%). Beberapa karakteristik kitosan seperti warna, bentuk dan bau memenuhi standar kitosan komersial

Kitosan merupakan produk alami yang merupakan turunan dari polisakarida kitin. Nama kimia kitosan adalah *poli-D-glukosamin beta (1-4) 2-amino-2-deoksi D-glukosa*. Kitosan dapat digunakan dalam berbagai bidang biokimia, kedokteran atau farmasi, pangan dan nutrisi, pertanian, mikrobiologi, industri kertas, film atau membran tekstil, kosmetik dan pengolahan limbah. Limbah dari pengolahan laut dan kerang, seperti cangkang kerang, banyak ditemukan dan merupakan sumber kitosan yang paling umum. Kitosan juga dapat diisolasi dari ikan air tawar seperti

ikan mas (*Cyprinus carpio* L.) Selain itu, Uawonggul et al., (2002) dan Weeraphan (2011), juga berhasil mengekstrak kitin dan kitosan dari sisik ikan nila (*Tilapia nilotica*). Kumaria & Rath (2014) menyatakan bahwa kitin dan kitosan juga dapat diekstraksi dari sisik ikan *Labeo rohita*. Ada potensi pemanfaatan sisik ikan lainnya menurut Ikoma *et al*, (2003), yaitu sebagai penyerap anorganik .

Nama lokal ikan kakap putih adalah Barramundi. Barramundi (*Lates* sp) memiliki tubuh yang bersisik. Sisik-sisik tersebut berasal dari lapisan kulit yang disebut dermis. Derajat deasetilasi merupakan parameter kualitas yang menunjukkan adanya gugus asetil yang dapat dihilangkan dari kitosan. Semakin tinggi derajat deasetilasi kitosan maka semakin kecil gugus asetil pada kitosan. Derajat deasetilasi juga ditentukan dalam persentase, yang menunjukkan bahwa gugus asetil telah hilang atau digantikan oleh amina.

### **Ikan Kakap Merah**

Indonesia mempunyai banyak ikan. Namun tiga genera yaitu Lutjanidae, Labridae, dan Centropomidae dikenal banyak rockfishnya. Ketiga suku kakap ini hidup di habitat yang berbeda. Kakap mempunyai habitat yang luas, ikan ini dapat hidup di perairan tropis dan subtropis, di habitat terumbu karang pada kedalaman sekitar 100 meter dan juga di perairan dasar berpasir. Remaja dapat ditemukan di teluk dangkal, laguna atau terumbu karang dan kadang-kadang di perairan payau (Melianawati *et al*, 2012).



**Gambar 2.6.** Ikan Kakap Merah

Sumber : <https://siplahtelkom.com/product/ikan/4061002-ikan-kakap-merah>

Kakap merah yang mempunyai nama latin *Lutjanus* ini termasuk dalam famili Lutjanidae dan dapat ditemukan hampir di seluruh wilayah Indonesia bahkan dunia. Kakap merah merupakan ikan dasar yang selalu berkumpul berkelompok di atas karang, tandee, atau rockfish. Ikan kakap merah ini mempunyai ciri tubuh lebar memanjang, kepala pipih melengkung, dan penutup insang bagian bawah bergerigi. Bagian atas berwarna merah kemerahan/kekuningan, bagian bawah berwarna merah keputihan. Di punggung, di atas gurat sisi, ada garis-garis kecil berwarna kuning dengan warna merah di antaranya. Bobot ikan bervariasi dari besar (5-8 kg), kecil (2-4 kg) bahkan ada yang mencapai lebih dari 10 kg (Mulyani, 2012).

### **Sisik Ikan Kakap**

Bentuk, ukuran dan jumlah sisik ikan dapat memberikan gambaran bagaimana cara hidup ikan tersebut. Sisik ikan mempunyai bentuk dan ukuran yang berbeda-beda, yaitu sisik ganoid yang besar dan kasar, sisik sikloid dan ctenoid yang kecil, sisik yang ramping atau pucat yang lunak. Pada umumnya jenis ikan yang berenang cepat atau terus-menerus bergerak di perairan yang berarus deras mempunyai sisik yang lunak, sedangkan ikan yang hidup di perairan tenang yang tidak terus-menerus berenang dengan kecepatan tinggi cenderung mempunyai sisik yang kasar (Burhanuddin, 2014).

### **Kolagen dari Ikan Kakap Merah**

Kolagen merupakan komponen struktural utama jaringan ikat putih, yang mengandung hampir 30% dari total protein jaringan dan organ tubuh vertebrata dan invertebrata. Pada mamalia, kolagen ditemukan di kulit, tendon, tulang rawan, dan jaringan ikat. Molekul utama pembentuk kolagen disebut tropocollagen, yang mengandung tiga rantai polipeptida panjang tunggal yang

bersama-sama membentuk struktur rantai heliks (Minah et al., 2016). Kolagen berperan sangat penting dalam setiap langkah proses penyembuhan luka. Kolagen memiliki kemampuan antara lain homeostasis, interaksi dengan trombosit, interaksi dengan fibronektin, meningkatkan sekresi cairan, meningkatkan komponen sel, meningkatkan faktor pertumbuhan, mendorong proses fibroplasia dan terkadang proliferasi epidermis. Keunggulan kolagen dalam bidang medis adalah mempercepat pertumbuhan jaringan baru. Kolagen merupakan protein yang melimpah di tubuh mamalia, termasuk manusia, terhitung sekitar 25% dari total protein.

Kolagen terutama ditemukan di kulit dan tulang, lebih sedikit di otot. Kolagen merupakan bagian dari protein fibrilar, atau protein fibrilar, yang memiliki beberapa rantai polipeptida yang dihubungkan oleh berbagai ikatan silang membentuk triple helix. Kolagen adalah bagian dari protein stroma. Protein ini tidak dapat diekstraksi dengan air, larutan asam, basa atau garam dengan konsentrasi 0,01-0,1. Kolagen dapat mengembang karena kekuatan ikatan struktur molekulnya melemah bila diproses pada pH di bawah 4 atau bila pH dinaikkan menjadi 10. Kolagen banyak digunakan dalam pengobatan dan kosmetik. Meskipun gel yang dihasilkan dari kolagen ikan bukanlah gel yang kuat, namun dapat digunakan untuk aplikasi industri seperti mikroenkapsulasi dan film yang dapat dimakan.

## **Ikan Tenggiri**

Ikan tenggiri banyak mengandung protein dan asam lemak omega-3. Ikan ini cocok dijadikan menu diet bersama dengan makanan sehat lainnya. Satu porsi atau sekitar 100 gram ikan tenggiri mengandung 205 kalori, 13,9 gram lemak, 90 miligram natrium, 19 gram protein dan tanpa karbohidrat, serat atau

gula. Ikan kembung (*Scomberomorus commersoni*) merupakan salah satu jenis perikanan pelagis yang mempunyai nilai ekonomi cukup tinggi, dimanfaatkan sebagai produk ekspor dan untuk kebutuhan dalam negeri. Ikan tenggiri mengandung protein sekitar 18-22%, lemak 0,2-5%, karbohidrat kurang dari 5%, air 60-80% (Sudarias, 2012).



**Gambar 2.7.** Ikan Tenggiri

Sumber :<https://www.greeners.co/flora-fauna/ikan-tenggiri-kaya-protein-berkualitas-tinggi/>

### **Ikan Cakalang**

Ikan cakalang memiliki kandungan gizi yang kaya seperti protein, asam lemak omega-3, vitamin B12, dan mineral. Setiap 100 gram Ikan, cakalang, segar mengandung 19,6 gram protein, 242 mg fosfor dan 0,20 mg tembaga. Ini menunjukkan bahwa kandungan protein, fosfor dan tembaga termasuk tinggi dan cukup tinggi. Mengonsumsi tuna dapat mengurangi risiko osteoporosis. Hal ini bisa dicapai karena ikan tuna mengandung nutrisi penting yang dibutuhkan untuk menunjang kesehatan tulang, seperti kalsium, kalium, dan fosfor. Tubuh membutuhkan kalsium dan fosfor untuk membangun dan menjaga kekuatan tulang.



**Gambar 2.8.** Ikan Cakalang

Sumber : <https://nilaigizi.com/gizi/detailproduk/877/ikan-cakalang-segar>

**Tabel 2.5.** Komposisi nutrisi Ikan Cakalang

<b>Parameter</b>	<b>Nilai</b>
Energi	107 kkal
Lemak total	0.70 g
Vitamin A	386 mcg
Vitamin B1	0.17 mg
Vitamin B2	0.05 mg
Vitamin B3	21.70 mg
Vitamin C	0 mg
Karbohidrat total	5.50 mg
Protein	19.60 mg
Serat pangan	0 g
Kalsium	23 mg
Fosfor	242 mg
Natrium	66 mg
Kalium	239 mg
Tembaga	200 mcg
Besi	2.90 mg
Seng 0.60 mg	0.60 mg

### **Ikan Salmon**

Ikan salmon merupakan sumber protein hewani yang kaya akan asam amino esensial, sumber lemak sehat yang kaya akan asam lemak omega 3, dan sumber berbagai vitamin dan mineral yang diperlukan tubuh (Hasibuan, 2022).

Secara umum ikan salmon kaya akan nutrisi, antioksidan dan senyawa bioaktif (Flona,2023).



**Gambar 2.9.** Ikan Salmon

Sumber : <https://id.theasianparent.com/manfaat-ikan-salmon-untuk-bayi>

Menurut Diniyanti (2020), Ikan salmon (100 g) mengandung 179 kalori, 19,93 g protein, 10,43 g lemak, 136 mikrogram vitamin A, 0,05 mg vitamin B1, 0,11 mg vitamin B2, 8,42 mg vitamin B3, 4,0 mg vitamin C, 26,0 mg kalsium, 47,0 mg natrium, 394,0 mg kalium, 40,0 mikrogram tembaga, 0,25 mg besi, 0,44 mg seng, 1,33 g abu, dan 71,54 g air. Satu porsi (100 g) salmon mentah mengandung 100 kalori, 20,0 g protein, 6,4 g lemak, 30,0 mg magnesium, 480-500 mg potasium, 0,4 mg zinc, 36,5 mikrogram selenium dan 25,0 mikrogram folat. Salmon juga kaya akan asam amino, asam lemak omega-3 rantai panjang (asam EPA/*Eicosapentaenoic* dan DHA/asam *Decosahexaenoic*), vitamin A, vitamin B, vitamin D, zat besi dan kalsium.

### **Ikan Gabus**

Ikan gabus mengandung banyak nutrisi yang diperlukan tubuh, terutama protein. Protein mempunyai fungsi unik yang tidak dapat digantikan oleh zat gizi lain, yaitu. pembangunan dan pemeliharaan sel-sel jaringan tubuh. Protein

diperlukan untuk proses pertumbuhan, pengaturan proses metabolisme tubuh dan produksi energi bagi tubuh. Astawan (2007) menambahkan protein harus dalam jumlah yang cukup agar gizi tercukupi.



**Gambar 2.10.** Ikan Gabus

Sumber : <https://www.suara.com/health/2017/11/21/161102/manfaat-menakjubkan-protein-ikan-gabus-untuk-ibu-hamil>

Selain kandungan proteinnya yang cukup tinggi, Mustafa et al. (2013) menemukan dalam penelitiannya bahwa ikan gabus mengandung Cu, C, Fe, Ca dan Zn. Ikan gabus lurik merupakan sumber albumin yang sangat kaya, yaitu salah satu jenis protein penting yang dibutuhkan tubuh manusia setiap hari. Albumin ikan gabus merupakan sumber yang sangat baik untuk orang yang menderita hipoalbumin (albumin rendah) dan penyembuhan luka atau luka bakar pasca operasi.

## **2.2. Nutrisi Udang dan Kerang-Kerangan**

*Anadara granosa* atau secara lokal dikenal sebagai ‘kerang’ dari keluarga Arcidae. Bivalvia ini juga mengandung komponen yang mudah menguap yang dianggap sebagai penentu paling penting untuk kualitas rasa. *Anadara granosa* adalah spesies kerang yang dikenal sebagai kerang darah karena cairan hemoglobin merah di dalamnya. Ukuran dewasa panjangnya sekitar 5 sampai 6 cm dan lebar 4-5 cm. *Anadara granosa* termasuk sebagai salah satu spesies penting yang



dibudidayakan. *Anadara granosa* berasal dari dataran lumpur intertidal yang berbatasan dengan wilayah pesisir banyak negara Asia Tenggara seperti Indonesia, Malaysia dan Thailand (Zuki *et al.*, 2004). Oleh karena itu, tidak diragukan lagi jika Kerang menjadi sumber penting protein di kawasan Asia Tenggara. Kerang darah memiliki nilai ekonomi yang tinggi sebagai makanan, dan disimpan dalam akuakultur. Kerang dikonsumsi segar dan juga diubah menjadi produk olahan. Disajikan dalam berbagai bentuk seperti dikukus, direbus, dipanggang, atau mentah. Lipid adalah molekul yang meliputi lemak, lilin, sterol, vitamin yang larut dalam lemak, monogliserida, digliserida, fosfolipid, dan lain-lain.



**Gambar 2.11.** Kerang darah (*Anadara granosa*)

Sumber: <https://img-global.cpcdn.com/>

*Anadara granosa* dikategorikan sebagai kerang karena memiliki kesamaan cangkang. Kerang menyediakan protein berkualitas tinggi dengan semua diet amino esensial. Asam untuk pemeliharaan dan pertumbuhan tubuh manusia. Untuk alasan ini, kerang adalah makanan rendah lemak, rendah lemak jenuh, tinggi protein yang dapat dimasukkan dalam diet rendah lemak (*Food and Nutrition Board*, 2007). Nilai gizi dari *Anadara granosa* ditunjukkan pada Tabel 2.6.

**Tabel 2.6.** Komposisi Kimia Kerang Darah (*Anadara granosa*)

<b>Komposisi</b>	<b>Amount Per Selected Serving</b>
Calories	22.1 (92.5 kJ)
From	5.2 (21.8 kJ)
Carbohydrate	

From Fat	1.8 (7.5 kJ)
From Protein	15.1 (63.2 kJ)
Total	1.3 g
Carbohydrate	
Protein	3.8 g
Niacin	0.09 g
Total fat	0.2 g
Calcium	8.4 mg
Iron	0.45 g
Water	22.1 g
Ash	0.6 g

Peningkatan asupan berbagai kerang harus didorong untuk diet sehat. Kerang seperti *Anadara granosa* memiliki kandungan lemak yang rendah, terutama rendah lemak jenuh, mengandung asam lemak omega-3, merupakan sumber protein yang sangat baik, dan terutama sumber zat besi, seng, tembaga, dan vitamin B<sub>12</sub> yang baik. *Anadara granosa* juga merupakan sumber protein penting. Komposisi mineral *Anadara granosa* hampir mirip karang. Kultur *Anadara granosa* memainkan peran ekonomi utama. Kerang juga mengandung komponen volatil yang dianggap penentu penting untuk kualitas rasa mereka. *Anadara granosa* merupakan sumber pangan rendah kalori. 100 g dari *Anadara granosa* hanya mengandung 53 kkal dibandingkan dengan 180 kkal dalam 100 g ikan salmon.

Vitamin B<sub>12</sub> tidak dapat diproduksi oleh tubuh manusia dan harus diperoleh dari sumber hewani dalam makanan. Tubuh manusia mengandung lebih dari 23 kali jumlah vitamin B<sub>12</sub> daripada daging sapi. Secara umum kerang banyak mengandung asam suksinat, asam sitrat, asam glikolat, yang erat kaitannya dengan rasa dan memberikan energi dalam kalori. Selain itu, kerang juga mengandung enzim tiaminase dalam jumlah besar sehingga dapat merusak vitamin B<sub>1</sub> jika dikonsumsi mentah. Tiaminase dapat dinonaktifkan dengan pemanasan atau perebusan. Komposisi kimia kerang yang dilaporkan adalah: protein 9-13%, lemak

0-2%, glikogen 1-7% dan mempunyai nilai kalori 80 kalori per 100 gram daging segar (Budiyanto et al. 1990). Seperti yang Anda ketahui, kerang juga merupakan salah satu jenis makanan yang dipercaya sebagai afrodisiak. Oleh karena itu perlu dipelajari komponen-komponen yang dapat berperan sebagai afrodisiak. Dalam hal ini komponen mineral tertentu yang berguna sebagai antioksidan kemungkinan adalah Cu, Fe, Zn dan Se.

**Tabel 2.7.** Komposisi proksimat Kerang darah (*Anadara granosa*)

Komponen	Satuan	Nilai			
		Segar Basah	Kering	Rebus Basah	Kering
Air	%	74.37		65,69	
Abu	%	2.24	8,74	2,57	7,49
Protein	%	19.48	76,00	23,23	67,70
Lemak	%	2.50	9,75	7,01	20,43
Cu	ppm	3.17	12,37	3,51	10,23
Ca	ppm	698.49	2725	1320,76	3849
Fe	ppm	93.63	365,3	52,38	152,7
Zn	ppm	13.91	54,27	12,99	tt
Se	ppm	tt	tt	tt	tt



**Gambar 2.12 .** Udang (*Penaeus semisulcatus*)

Udang (*Penaeus semisulcatus*), Kelas lipid utama yang terdapat pada udang laut adalah fosfolipid, sterol, trigliserol , digliserol dan berhubungan dengan pematangan oosit dan kelangsungan hidup larva tahap awal. Di ovarium yang sedang berkembang, sterol bebas biasanya ditemukan di

mana mereka berkontribusi pada struktur membran dan membentuk prekursor untuk hormon dan steroid.

Kolesterol adalah nutrisi penting pada krustasea karena mereka tidak mampu mensintesis cincin steroid. Tidak seperti kolesterol, fosfolipid, trigliserol dan digliserol disintesis oleh jaringan krustasea, termasuk ovarium yang menyediakan asam lemak, termasuk asam lemak tak jenuh ganda. Kelas lipid utama yang terdapat pada udang laut adalah fosfolipid, sterol, trigliserol dan digliserol serta berhubungan dengan pematangan oosit dan kelangsungan hidup larva tahap awal.

Protein dan nutrisi penting lainnya pada udang mirip dengan daging hewan lainnya, udang adalah sumber protein makanan yang sangat baik. Nutrisi yang dianalisis dalam makanan yang dapat dimakan otot udang disajikan pada Tabel 1. Tiga perempat Bagian udang yang dapat dimakan adalah air. Hampir 80% dari bagian yang tersisa (bahan kering) terdiri dari protein. Kandungan protein rata-rata udang segar adalah 19,4 g/ 100 g dan menyumbang 87% dari total energi. Tubuh tidak dapat mensintesis asam amino tertentu dan mereka harus diperoleh melalui diet; disebut asam. amino esensial. Udang memiliki kemampuan untuk memasok asam amino esensial sesuai kebutuhan. Udang menyediakan lebih banyak nutrisi esensial per kalori dan dapat dianggap sebagai pilihan makanan sehat seperti ikan. Keuntungan lain dari makan udang adalah kandungan lipid yang signifikan lebih rendah. Kadar lipid yang dianalisis pada udang adalah sekitar 1,15 g/100 g. Tidak ada makanan berdaging lain yang bisa mengklaim seperti kadar lemak yang rendah seperti udang segar. Komposisi lipid udang terdiri dari 65–70% fosfolipid, 15–20% kolesterol dan 10-20% total asil gliserol. Dominasi fosfolipid pada lipid udang menunjukkan kualitas nutrisi yang kaya, yang merupakan bagian integral dari sel membran dan transpor lipoprotein. Selanjutnya, 32% lipid udang terdiri dari

asam lemak tak jenuh ganda (PUFA), istilah yang biasanya dikaitkan dengan kualitas tinggi makanan laut. Dalam hal ini, sekitar 64% disumbangkan oleh  $\omega$ -3 PUFA dan 33% sisanya dengan  $\omega$ -6 PUFA, membuat Rasio  $\omega$ -6/ $\omega$ -3 PUFA sekitar 1,9, menunjukkan manfaat kesehatan yang tinggi. Rasio  $\omega$ -6/ $\omega$ -3 PUFA sangat penting faktor makanan karena perannya yang menentukan dalam menyeimbangkan sintesis eikosanoid. Pola makan yang sehat harus memiliki Rasio PUFA/SFA minimal 0,54 dan di atasnya. Udang juga bermanfaat karena sifa anti-inflamasinya karena seleniumnya yang tinggi, asam dokosaheksanoat dan asam lemak jenuh rendah.

Studi epidemiologi mengungkapkan bahwa konsumsi makanan laut, termasuk udang yang kaya  $\omega$ -3 PUFA dikaitkan dengan penurunan risiko penyakit jantung koroner dan kanker. Pedoman Diet AS merekomendasikan individu dengan risiko CVD yang lebih tinggi dan rata-rata mengkonsumsi rata-rata minimal 250 mg/hari EPA+DHA (1750 mg/ minggu). Mengkonsumsi 100 g porsi udang yang bisa dimakan dalam sehari akan memberikan > 180 mg EPA + DHA. Untuk mengukur kecenderungan pemakan udang dalam mengurangi resiko penyakit jantung koroner, indeks aterogenik dan trombogenik dihitung. Udang juga ditemukan sebagai sumber yang kaya astaxanthin, karotenoid yang larut odalam lemak yang terbentuk dari makanan yang tertelan.  $\beta$ -karoten atau zeaxanthin melalui transformasi oksidatif. Astaxanthin telah ditemukan sebagai bahan antioksidan alami, melebihi sepuluh kali aktivitas antioksidan  $\beta$ -karoten dan 500 kali lipat dari  $\alpha$ -tokoferol. Itu tingkat astaxanthin udang telah dilaporkan bervariasi antara 740 dan 1400  $\mu$ g/100 g dalam porsi daging yang dapat dimakan. Makanan manusia membutuhkan mineral seperti kalsium, fosfor, magnesium, kalium dan natrium dalam jumlah besar dan karenanya ini disebut sebagai mineral makro. 100g porsi udang menyediakan > 100 mg kalsium, > 300 mg fosfor dan > 40  $\mu$ g

selenium. Di antara banyak fungsinya, mineral membantu mengatur keseimbangan cairan produksi enzim dan kesehatan tulang. Makan udang (100 g/hari) akan menyediakan sekitar sepuluh vitamin dan sepuluh mineral. Udang mengandung vitamin penting seperti vitamin A (180 IU), vitamin D (2 IU) dan vitamin E (1,32 µg), vitamin B12 (1,11 µg) dan vitamin B3 (1,77 mg). seaweed. Polisakarida rumput laut sebagian besar ditemukan di dalam alga dinding sel dengan pengecualian polisakarida penyimpanan yang terletak di plastid. Dinding sel rumput laut (ekstraseluler matriks) memiliki peran struktural yang penting. Penyimpanan karbohidrat setara dengan glikogen manusia dan melayani sebagai sumber energi utama. Konstituen biokimia dari delapan belas spesies makroalga laut milik Chlorophyta, Phaeophyta dan Rhodophyta dikumpulkan dari Pantai Okha, Teluk Kutch, India dan membandingkannya komposisi biokimia adalah Karbohidrat 16-45 persen, Asam amino 9-20 persen, Protein 10-35 persen, Lipid 8-34 persen dan kadar abu 0,4-14 persen berdasarkan berat segar.

### **2.3. Nutrisi Rumput Laut**

Rumput laut adalah sumber serat terkaya, kandungannya karbohidrat yang tidak tercerna oleh saluran pencernaan manusia. Serat makanan (mengacu pada serat dari sumber makanan) tetap utuh di usus kecil dan dapat meningkatkan viskositas di jalur gastro-intestinal dan sebagian difermentasi sepenuhnya oleh mikrobiota di usus. Kandungan protein bervariasi menurut spesies, musim, distribusi geografis, populasi, kondisi budidaya dan pasokan nutrisi selama fase pertumbuhan. Secara umum, spesies rumput laut merah dan hijau memiliki kandungan yang relatif tinggi kadar protein, dengan nilai rata-rata 4-50% (b/b) kering berat, dibandingkan dengan spesies coklat, yang mengandung antara 1 dan 29% (b/b) berat kering (Harnedy & Fitz Gerald, 2011). Kualitas nutrisi dari dua

rumpun laut hijau yang dapat dimakan, *Caulerpa lentillifera* dan *Ulva reticulata* mengandung Protein 12.49 & 21.06 persen dan kadar abu 24,21 & 17,58 persen berat kering dasar masing-masing *Caulerpa lentillifera* dan *Ulva reticulata*. *Caulerpa lentillifera* kaya akan fosfor, kalsium, magnesium dan tembaga *Ulva reticulata* kaya akan potasium, mangan dan besi. Beberapa jenis rumput laut bahkan lebih kaya akan kalsium dari susu dan tubuh manusia dapat memanfaatkan nutrisi dari rumput laut tanpa pemborosan (Graham, 2006).

### **Lemak**

Rumput laut mengandung kadar lipid yang relatif rendah (1-5%) bila dibandingkan dengan bibit tanaman lain seperti kedelai dan bunga matahari, tetapi sebagian besar lipid tersebut adalah asam lemak tak jenuh ganda (PUFA) Manfaat kesehatan PUFA adalah didokumentasikan dengan baik untuk ikan dan rumput laut juga dapat menyediakan sumber berkelanjutan dari senyawa ini. PUFA alga adalah dalam bentuk asam lemak  $\omega$ -3 seperti eicosapentaenoic asam (EPA, C20:5) atau asam docosahexaenoic (DHA; C22:6).

Rumput laut mengandung beberapa unsur mineral yang dibutuhkan manusia nutrisi seperti Na, K, Ca, Mg, Fe, Zn, Mn dan Cu. Rumput laut mengandung sumber polifenol yang berharga. Nilai diungkapkan dalam asam galat, berkisar antara 4-59 mg per gram rumput laut kering dapat ditemukan (Tibbetts, *et al.*, 2018)

### **Makanan fungsional dan penggunaan terapeutik**

Rumput laut menawarkan berbagai kemungkinan terapeutik baik secara internal maupun eksternal. Rumput laut kering yang belum diolah bisa menghasilkan banyak manfaat penyembuhan. Banyak penyakit fisik pada manusia dapat terjadi secara teratur diselesaikan dengan penambahan sederhana

rumpun laut pada masing-masing diet mereka. Senyawa aktif metabolik yang diisolasi dari rumput laut telah membantu dalam pengembangan obat baru melawan kanker, infeksi mikroba dan peradangan. Mencegah wabah penyakit atau mengobati penyakit dengan obat-obatan atau bahan kimia mengatasi masalah ini. Saat ini, ada peningkatan penggunaan antibiotik karena infeksi berat dan bakteri patogen menjadi resisten karena penggunaan antibiotik sembarangan. Studi pada tikus telah menunjukkan bahwa konsumsi simultan ikan (minyak ikan) dan rumput laut coklat menurunkan konsentrasi triasilgliserol dalam serum dan hati. Burtin (2013) menemukan 34% berat kering kalsium pada rumput laut yang konsumsinya bermanfaat pada ibu hamil, remaja dan lansia yang terpapar risiko kekurangan kalsium.

Dislipidemia merupakan faktor risiko kardiovaskular utama untuk insiden penyakit jantung koroner dan kematian. Gangguan lipid bisa mempercepat proses aterosklerosis dan hasilnya bisa gagal jantung kronis. Nutraceuticals secara efektif mampu mengurangi proses aterosklerosis dan penyakit jantung koroner kemajuan. Karotenoid diproduksi oleh rumput laut, tanaman dan mikroorganisme. Solibami et al., (1985) menjelaskan bahwa ganggang coklat mengandung  $\alpha$ ,  $\beta$  dan  $\delta$  tokoferol sedangkan ganggang hijau dan alga merah hanya mengandung  $\alpha$  tocopherol dimana  $\alpha$  dan  $\delta$  tokoferol membantu dalam pencegahan penyakit kardiovaskular.

## **Karbohidrat**

Rumput laut mengandung sejumlah besar karbohidrat sebagai fungsi struktural, penyimpanan, dan polisakarida fungsional, dan kandungan karbohidrat total mungkin berkisar dari 20% sampai 76% dari berat kering (Holdt dan Kraan, 2011) tergantung pada spesies. Meskipun kandungan karbohidrat dalam rumput laut cukup tinggi, porsi yang lebih besar tersedia sebagai polisakarida serat



pangan, yang tidak diambil oleh tubuh manusia. Oleh karena itu, rumput laut bukanlah sumber karbohidrat yang baik dalam hal bioavailabilitas. Sedikit, tetapi dapat diserap, bentuk karbohidrat yang ada dalam rumput laut terdiri dari glukosa, manosa, dan galaktosa.

## **Protein**

Secara umum, protein rumput laut kaya akan glisin, arginin, alanin, dan asam glutamat, serta mengandung semua asam amino esensial, tingkat yang sebanding dengan persyaratan diet FAO/WHO protein. Namun, jika dibandingkan dengan yang lain sumber makanan kaya protein, rumput laut tampaknya dibatasi dengan lisin dan sistin. Sehubungan dengan tingkat protein dan komposisi asam amino, skor asam amino dan indeks asam amino esensial lebih tinggi rumput laut merah dibandingkan rumput laut coklat dan hijau (Holdt dan Kraan, 2011). Skor asam amino dari protein di beberapa rumput laut merah seperti *Porphyra* spp. dan *Undaria* spp. adalah masing-masing, 91 dan 100, sama dengan bahwa dalam makanan yang berasal dari hewan Rumput laut merah mengandung kandungan protein tertinggi, yang sebanding secara kuantitatif istilah untuk kacang-kacangan di 30-40% dari bahan kering, dan rumput laut coklat dan hijau masing-masing hanya mengandung 15% dan 30% . Sebuah studi banding dilakukan dengan beberapa rumput laut merah dan coklat mengungkapkan bahwa kandungan protein rumput laut merah spesies *Porphyra palmate* dan *Porphyra tenera* berkisar antara 21% sampai 47% dan pada rumput laut coklat *Laminaria japonica* dan *Undaria pinnatifida* berkisar antara 7% sampai 16% . Oleh karena itu, sebagian besar rumput laut merah yang bisa dimakan dianggap sebagai sumber protein yang baik untuk dimasukkan dalam diet.

## **Karbohidrat**

Rumput laut mengandung sejumlah besar karbohidrat sebagai struktural, penyimpanan, dan polisakarida fungsional, dan kandungan karbohidrat total mungkin berkisar dari 20% sampai 76% dari berat kering (Holdt dan Kraan, 2011) tergantung pada spesies. Meskipun kandungan karbohidrat dalam rumput laut cukup tinggi, porsi yang lebih besar tersedia sebagai serat polisakarida, yang tidak diambil oleh tubuh manusia. Oleh karena itu, rumput laut bukanlah sumber karbohidrat yang baik dalam hal bioavailabilitas. Sedikit, tetapi dapat diserap, bentuk karbohidrat yang ada dalam rumput laut terdiri dari glukosa, manosa, dan galaktosa.

## **Protein**

Secara umum, protein rumput laut kaya akan glisin, arginin, alanin, asam glutamat, dan mengandung semua asam amino esensial, tingkat yang sebanding dengan persyaratan diet FAO/WHO protein. Namun, jika dibandingkan dengan yang lain sumber makanan kaya protein, rumput laut tampaknya dibatasi dengan lisin dan sistin. Sehubungan dengan tingkat protein dan komposisi asam amino, skor asam amino dan indeks asam amino esensial lebih tinggi rumput laut merah dibandingkan rumput laut coklat dan hijau (Holdt dan Kraan, 2011). Skor asam amino dari protein di beberapa rumput laut merah seperti *Porphyra* spp. dan *Undaria* spp. adalah masing-masing 91 dan 100. Rumput laut merah mengandung kandungan protein tertinggi, yang sebanding secara kuantitatif istilah untuk kacang-kacangan di 30-40% dari bahan kering, dan rumput laut coklat dan hijau masing-masing hanya mengandung 15% dan 30% . Sebuah studi banding dilakukan dengan beberapa rumput laut merah dan coklat mengungkapkan bahwa kandungan protein rumput laut merah spesies *Porphyra palmate* dan *Porphyra tenera* berkisar antara 21% sampai 47% dan

pada rumput laut coklat *Laminaria japonica* dan *Undaria pinnatifida* berkisar antara 7% sampai 16% . Oleh karena itu, sebagian besar rumput laut merah yang bisa dimakan dianggap sebagai sumber protein yang baik untuk dimasukkan dalam diet. Namun, asam aspartat dan glutamat yang menunjukkan sifat menarik di pengembangan rasa lebih sedikit pada rumput laut merah dibandingkan dengan rumput laut coklat rumput laut. Selain itu, alga biru-hijau, Spirulina, terkenal akan khasiatnya kandungan proteinnya sangat tinggi yaitu mendekati 70% dari bahan kering. Itu pencernaan in vivo protein rumput laut tidak didokumentasikan dengan baik. Namun, ekstraktabilitas dan pencernaan in vitro dari protein rumput laut mencapai lebih dari 80% terlepas dari spesies.

## **Lipid**

Rumput laut mengandung sedikit lemak, 1-5% (Khotimchenko, 2005). Lipid netral dan glikolipid adalah kelas lipid terpenting di semua alga, dan rasio asam lemak esensial dalam alga lebih tinggi dibandingkan pada tumbuhan darat. Rumput laut mensintesis asam lemak tak jenuh ganda (PUFA) dalam jumlah lebih tinggi, terutama di iklim dingin, dan kandungan lipid total meningkat di musim panas (Narayan et al., 2006). Namun kandungan dan komposisi lemaknya bisa berbeda-beda tergantung jenis alganya. PUFA rumput laut mengandung sejumlah besar asam lemak  $\omega$ -3 sebagai komponen utamanya. Asam eicosapentaenoic (EPA) dan asam docosahexaenoic (DHA) adalah dua asam lemak laut  $\omega$ -3 penting yang bertanggung jawab atas sejumlah manfaat kesehatan bagi tubuh manusia. Asam  $\alpha$ -linolenat adalah prekursor EPA dan DHA dan tidak disintesis pada mamalia. Namun, asam  $\alpha$ -linolenat dapat diubah menjadi EPA dan DHA setelah dikonsumsi manusia. PUFA utama pada sebagian besar alga adalah EPA, dan kandungannya bisa mencapai 30% dari total kandungan asam lemak. Meskipun alga merah kaya akan EPA dan asam lemak

$\omega$ -6 seperti asam arakidonat, semua alga umumnya merupakan sumber asam  $\omega$ -3 dan  $\omega$ -6 yang seimbang. Oleh karena itu, rumput laut merupakan sumber PUFA yang meningkatkan kesehatan dibandingkan makanan lain yang berasal dari tumbuhan dan hewan. Jumlah fosfolipid dalam alga sekitar 4-10% lipid. Selain itu, fosfolipid dalam makanan berperan sebagai pengemulsi dan memperlancar pencernaan dan penyerapan asam lemak, sehingga meningkatkan nilai gizi makanan. Selain itu, rumput laut kaya akan asam lemak esensial yang dapat meningkatkan manfaatnya sebagai bagian dari pola makan seimbang.

### **Vitamin**

Rumput laut mengandung beberapa vitamin baik yang larut dalam air seperti B dan C dan lipid larut seperti A dan E pada berbagai tingkat. Rumput laut coklat, *U. pinnatifida*, mengandung 14,5 mg/100 g vitamin E dan itu banyak lebih tinggi dari kandungan vitamin E (10 mg/100 g) pada kacang tanah (Anonim, 2004). Kandungan vitamin E yang tinggi ini membantu melindungi PUFA dalam rumput laut dan mempertahankan manfaat nutrisinya. Rumput laut merah dan coklat kaya akan karoten (provitamin A) dan vitamin C, dan jumlahnya dapat bervariasi masing-masing dari 20 hingga 170 ppm dan 500 hingga 3000 ppm. Mereka juga dianggap sebagai sumber vitamin B12 yang baik, yang tidak banyak ditemukan tanaman darat tetapi terdapat pada sedikit sayuran dalam jumlah yang cukup banyak (Bender, 1980).

### **Mineral**

Umumnya, rumput laut mengandung kadar abu yang tinggi menandakan cukup sejumlah mineral. Kandungan mineral rumput laut bisa mencapai hingga 36% dari massa kering dan makronutrien mineral termasuk natrium, kalsium, magnesium, kalium, klorin, belerang, dan fosfor sedangkan mikronutrien

termasuk yodium, besi, seng, tembaga, selenium, molibdenum, fluorida, mangan, boron, nikel, dan kobalt. Di antara mineral tersebut, kalsium memegang 4-7% dari bahan kering. Pada 7% kalsium, porsi harian yang khas ukuran rumput laut (8 g berat kering) menyediakan 560 mg kalsium yang a jumlah yang cukup besar dibandingkan dengan tunjangan harian yang direkomendasikan (800–1000 mg) . Dalam rumput laut, kalsium tersedia sebagai kalsium fosfat, dan itu lebih tersedia secara hayati daripada bentuk kalsium dalam susu, yaitu kalsium karbonat. Rumput laut adalah sumber utama yodium, dan di beberapa rumput laut, yodium konten melebihi persyaratan minimum dietnya (150 mg / hari). Itu kandungan yodium tertinggi ditemukan di ganggang coklat (1500-8000 ppm), dan di kebanyakan kasus, ganggang merah dan hijau memiliki kandungan yang lebih rendah. Jumlah yodium di rumput laut tetap relatif tinggi dibandingkan di tanaman darat. Karena makanan yang berasal dari hewan dan tumbuhan sangat rendah yodium, rumput laut dapat dianggap sebagai makanan murah terbaik untuk memenuhi yodium kebutuhan manusia. Menariknya, rumput laut mengandung zat besi dalam jumlah yang sangat tinggi dan tembaga dibandingkan dengan sumber makanan yang terkenal mengandung mineral tersebut seperti, daging dan bayam . Selain itu, normal ukuran porsi rumput laut coklat, yang termasuk spesies seperti *Laminaria* dan *Undaria*, menyediakan lebih dari 50% asupan magnesium harian yang direkomendasikan. Oleh karena itu, rumput laut dapat digunakan sebagai suplemen makanan untuk memenuhi sebagian besar kebutuhan mineral penting tubuh.enzim pencernaan, itu tidak dapat melakukan efek gizi langsung ditubuh manusia. Namun, serat makanan secara tidak langsung mendukung manusia nutrisi dengan melibatkan beberapa fungsi penting untuk meningkatkan kesehatan pencernaan selama perjalanannya melalui jalur gastrointestinal. Ini fungsi termasuk pengurangan insiden kanker kolorektal, penekanan radang usus dan gangguan perut terkait, fasilitasi gerakan

usus, dan promosi pertumbuhan usus yang mempromosikan kesehatan mikroflora.

Dibandingkan dengan kandungan serat makanan yang berasal dari terestrial tanaman, rumput laut memiliki tingkat serat makanan yang sama atau bahkan lebih tinggi. Itu kandungan serat makanan total rata-rata dalam rumput laut dapat bervariasi dari 36% hingga 60% berdasarkan bahan keringnya (Lahaye, 1991; Rasmussen dan Morrissey, 2007). Hampir, 55–70% dari total serat makanannya diwakili oleh fraksi serat larut yang terutama terdiri dari agar, alginat, dan karaginan dengan jumlah yang bervariasi tergantung pada jenis rumput laut dan kondisi tumbuh. Selain itu, beberapa sulfat penting lainnya polisakarida seperti fukoidan, laminarin, porfiran, dan ulvan juga tersedia dalam jumlah yang relatif rendah di rumput laut. U.pinnatifida, Chondrus, dan Porphyra memiliki kandungan serat makanan larut tertinggi, dan Fucus dan Laminaria memiliki kandungan makanan tidak larut tertinggi serat di antara rumput laut umum lainnya yang digunakan dalam industri makanan (Fleury dan Lahaye, 1991). Asupan makanan rata-rata harian yang direkomendasikan serat di Amerika Serikat dan di Inggris sekitar 25-30 g dan lebih dari 18 g, masing-masing. Ukuran porsi harian khas dari rumput laut yang dikonsumsi dalam masakan Asia berdasarkan bahan kering adalah sekitar 8 g (MacArttain *et al.*, 2007). Oleh karena itu, 12–15% dari kebutuhan diet harian serat dapat dipenuhi dengan menambahkan rumput laut dalam makanan. Ini sangat jumlah besar dibandingkan dengan sumber makanan lain berdasarkan berat badan

#### **2.4. Nutrisi Cumi-Cumi**

Komposisi kimia dari baik kepala dan mantel sotong ditunjukkan pada Tabel 2. Bagian kepala mengandung lebih banyak uap air dan kadar abu, namun mengandung lebih sedikit karbohidrat daripada bagian mantel. Hasil ini mirip

dengan *S. pharaonis* yang dilaporkan oleh Thanonkaew *et al.* (2006). Sotong *S. recurvirostra* mengandung 13% protein, serupa dengan yang dilaporkan Thanonkaew *et al.* (2006) pada *S. pharaonis*, namun masih lebih rendah dibandingkan dengan *Sepia arabica* (Papan *et al.*, 2011). Menurut Lee (1994), cephalopoda terdiri dari 18% protein dan menyisakan hanya 3% dari massa tubuh untuk biokimia lainnya senyawa yang dibutuhkan untuk kehidupan. Cephalopoda memiliki 20% lebih banyak protein, 80% lebih sedikit abu, 50-100% lebih sedikit lemak dan 50-Karbohidrat 100% lebih sedikit jika dibandingkan dengan ikan. Ini penulis juga menyatakan bahwa mantel cephalopoda tidak menyimpan lipid atau penyimpanannya di bawah 1% dari berat basahnya. Komposisi asam amino: Komposisi asam amino baik di kepala dan mantel sotong terdiri dari Arginin, leusin, dan lisin mewakili 48% dan 49% asam amino esensial (EAA) masing-masing kepala dan mantel *S. recurvirostra*.

Asam glutamat, glisin andalanin mewakili 56% dari Asam Amino Non Esensial (NEAA) dari kepala dan mantel. Arginin, leusin dan lisin antara komponen tertinggi asam amino esensial di *S. officinalis*, *Loligo vulgaris* dan *Octopus vulgaris* (Villanueva *et al.*, 2004), serta cumi-cumi raksasa *Architeuthis* sp dan *Rossia macrosoma* (Rosa *et al.*, 2005; 2006). Kandungan asam amino bisa bervariasi antara organisme karena perbedaan geografis, spesies, umur dan kondisi fisiologis (Capillas *et al.*, 2002). Arginin dan prolin disajikan sebagai substrat katabolisme asam amino yang utama untuk energi dalam *cephalopoda* (Hochachka and Fields, 1983) seperti Karbon yang ditemukan dalam CO<sub>2</sub>, urea, ornitin, glutamat, citrulline, proline, alanine. Ketersediaan arginin cenderung meningkat selama terjadi aktivitas anaerobik. Arginin fosfat dihidrolisis dan arginin yang tersedia dipadatkan dengan piruvat yang berasal dari glukosa untuk membentuk gurita, produk akhir anaerobik yang yang utama terakumulasi pada orang dewasa cephalopoda selama periode latihan. Selain itu, arginin dengan

asam glutamat, alanin dan glisin adalah asam amino bebas yang bertanggung jawab untuk pembentukan rasa.

### **Profil asam lemak**

Beberapa profil asam lemak yang ditemukan di kepala dan mantel sotong adalah. Asam palmitat (5,44-7,34%), asam oleat (1,24-2,02) dan DHA (17,55-20,46) mewakili asam lemak yang dominan masing-masing di antara asam lemak jenuh, asam lemak tak jenuh tunggal dan tak jenuh ganda . Data ini mirip dengan laporan lainnya. Variasi komposisi asam lemak tergantung pada musim dan salinitas (Ozogul dan Ozogul, 2005; Ozyurt et al., 2006). Kandungan lipid pada cephalopoda lebih rendah dibandingkan dengan ikan, disajikan dengan komponen tertinggi fosfolipid. Cephalopoda dewasa dan *Cephalopoda paralarva* kaya akan Asam lemak rantai panjang , Asam Lemak Tak Jenuh Ganda (PUFA) (Phillips et al., 2002; Thanonkaew et al., 2006; Ozyurt et al., 2006) (Navarro dan Villanueva, 2000). Komposisi lipid cephalopoda dipengaruhi oleh komposisi lipid dari makanan. Navarro dan Villanueva (2000) menemukan paralarva gurita yang dibudidayakan menunjukkan kandungan dari PUFA yang lebih rendah dibandingkan dengan individu yang baru menetas. Omega-3 PUFA, khususnya DHA sangat dibutuhkan sintesis dimana  $\omega$ -3 PUFA.

### **Kandungan kolesterol**

Kandungan kolesterol dari sotong adalah 74,64 mg/100 g dalam mantel dan 108,90 mg/100 g di bagian kepala. Beberapa penelitian telah menunjukkan bahwa profil lipid cephalopoda ditampilkan tinggi konsentrasi fosfolipid, kolesterol dan Asam Lemak Tak Jenuh Ganda (PUFA). Okuzumi dan Fuji (2000) melaporkan kandungan kolesterol dalam beberapa cephalopoda seperti 123 mg/100 g pada sotong, 180 mg/100 g pada cumi-cumi dan 139 mg/100 g pada



gurita. Tingkat kolesterol dalam mantel sotong itu meningkat seiring bertambahnya usia (Barber & Almansa, 2006).

### **Komposisi mineral**

Kandungan mineral dari *S. recurvirostra* disajikan pada Natrium (1532-1610 mg/kg berat badan) ditemukan sebagai komponen mineral yang utama baik di kepala maupun mantel, diikuti oleh fosfor dan kalium. Lourenco *et al.* (2009) menemukan bahwa unsur-unsur utama kesamaan cephalopoda adalah S, Cl, K, Na, P, Mg dan Ca. Sedangkan pada tukik dan juvenil spesies cephalopoda menunjukkan kandungan yang tinggi pada S Villanueva dan Bustamante (2006). Mengenai *trace elemen*, Zn dan Cu adalah trace mineral yang dominan di kepala dan mantel dan hasil ini mirip dengan Thanonkaew *et al.* (2006). *Cephalopoda* dikenal sebagai karnivora dan predator aktif. Penyerapan mineral dari air laut juga dapat terjadi oleh serapan osmotik melalui insang dan permukaan tubuh karena *cephalopoda* hidup di lingkungan hipoosmotik. Mineral juga diserap oleh kelenjar pencernaan karena mereka menelan air laut dalam jumlah besar selama dan setelah makan (Wells and Wells, 1989).

Mineral diperlukan untuk pemeliharaan metabolisme normal dan fungsi fisiologis organisme hidup. Fungsi unsur-unsur penting dalam tubuh meliputi pembentukan struktur kerangka, pemeliharaan koloid sistem, serta pengaturan kesetimbangan asam basa. Mereka adalah komponen penting dari hormon, enzim dan protein struktural. Natrium, Kalium dan Klorida mempertahankan homeostasis dan keseimbangan asam-basa, sementara fosfor dan kalsium diperlukan untuk pembentukan struktur kerangka tubuh (Lall, 2002). Tembaga dan seng terkait erat dengan ketergantungan logam enzim. Zn terlibat dalam berbagai fungsi protein seperti karbonat anhidrase dan efisien diserap dan sangat dipertahankan di *S. officinalis* keduanya dari jalur makanan dan air laut

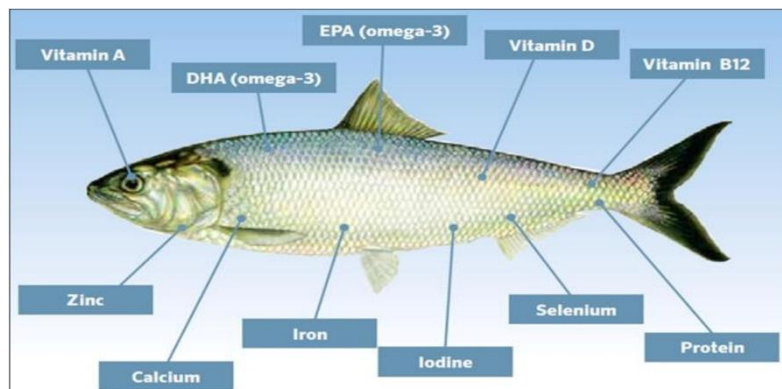
(Villanueva dan Bustamante, 2006). Kadar kadmium *S. recurvirostra* tergolong rendah baik kepala maupun mantelnya, sedangkan timbal dan merkuri tidak terdeteksi. Cd, Pb dan Hg termasuk unsur yang bisa berbahaya bagi organisme .

## BAB 3

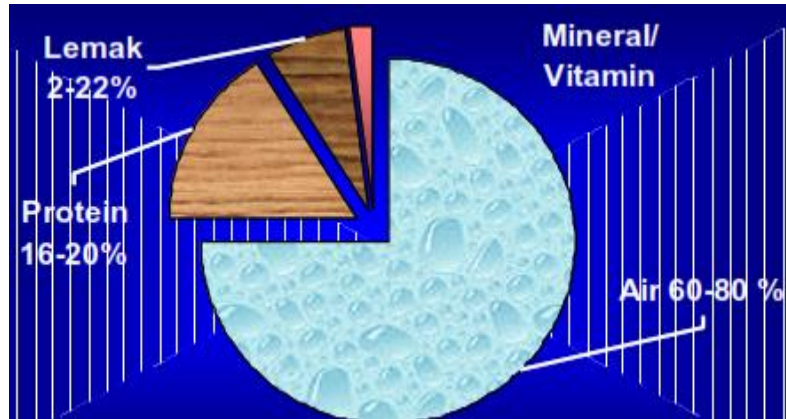
# BIOKIMIAWI IKAN SEGAR

### 3.1 Komposisi Kimia Ikan Segar

Ikan dan produk perikanan memainkan peran yang bermanfaat dalam kualitas nutrisi karena kaya akan sumber nutrisi yang menyediakan protein yang baik menyeimbangkan asam amino dan peptida. Ikan tidak hanya bernilai gizi tinggi tetapi juga berdampak pada masalah kesehatan manusia. Ikan merupakan sumber yang baik dari beberapa mineral, vitamin dan mikronutrien. Selain itu, ikan adalah sumber yang bermanfaat bagi kesehatan. Asam lemak tak jenuh ganda yang memiliki efek positif dalam mengurangi risiko penyakit kardiovaskular dan terkait dengan manfaat positif dalam banyak masalah kesehatan lainnya khususnya, beberapa jenis kanker dan radang sendi.



**Gambar 3.1.** Sebaran nutrisi dan Komposisi Kimia Daging Ikan  
Sumber: <https://bp-guide.id/AXCzC71Z>



**Gambar 3.2.** Komposisi kimia ikan segar  
Sumber: Sumartini, 2020

### 3.1.1. Air

Air merupakan komponen utama daging ikan, yang biasanya menyumbang sekitar 70 – 80% dari total berat daging ikan segar. Kadar air tertinggi ditemukan pada spesies ikan (*Harpodon nehereus*) dengan jumlah kadar air 90%. Penurunan dalam kadar air dan kandungan jaringan lipid mungkin berhubungan dengan pemijahan (Nisa dan Asadullah, 2011)

Nilai kadar air yang tinggi pada jaringan diamati di musim semi dan bulan-bulan musim panas, namun nilai-nilai kadar air yang rendah dicatat pada bulan-bulan musim dingin. Boran & Karacam (2011), kadar air terendah dan lemak tertinggi berada di tempat teduh dengan nilai masing-masing. 61,52%. dan 19,70%, Pengamatan serupa tercermin dalam berbagai penelitian bahwa semakin tinggi kadar air selama periode kering dan kadar air yang lebih rendah selama periode hujan tercermin pada kandungan lipidnya yang memiliki nilai yang lebih tinggi dan lebih rendah.

### 3.1.2. Protein

Protein terdiri dari sekitar 20 asam amino. Protein adalah konstituen yang paling penting dari kandungan gizi ikan karena dianggap sebagai sumber protein berkualitas tinggi yang paling murah dan vital, terutama asam amino esensial (AAE). Lisin dan metionin (Pal *et al.*, 2018). Persentase dari protein dalam ikan biasanya sekitar 16-21%, tetapi kadang-kadang ditemukan di beberapa spesies nilainya lebih rendah dari 16% atau setinggi 28%. Dalam makanan, protein berfungsi sebagai sumber asam amino yang digunakan untuk sintesis protein dalam tubuh manusia (Ninawe & Rathnakumar, 2008) Protein ikan memiliki nilai biologis tinggi karena mengandung semua asam amino esensial (lisin, metionin, treonin, triptofan leusin, isoleusin, valin, fenilalanin, arginin dan histidin) dalam proporsi yang tepat dan khususnya, lisin serta asam amino yang mengandung belerang seperti metionin dan sistein yang tidak ada dalam protein nabati dan asam amino disatukan oleh ikatan peptida  $-CO-NH-$  (Ninawe *et al.*, 2008) . Jika satu atau lebih asam amino esensial (AAE) ini tidak ada atau tidak mencukupi dalam asupan makanan, dapat menyebabkan penggunaan protein yang tidak tepat atau tidak ada sama sekali. Akibatnya, hal itu akan menyebabkan pertumbuhan terhambat pada anak-anak atau hilangnya massa otot pada orang dewasa dan mengarah pada dua bentuk malnutrisi ekstrim yang digambarkan sebagai: marasmus dan kwashiorkor yang ditandai dengan edema dan defisiensi umum (Ninawe & Rathnakumar, 2008).

Protein adalah asupan makanan yang diperlukan untuk hewan karena penting untuk pertumbuhan dan perkembangan tubuh, pemeliharaan dan perbaikan jaringan yang aus. Protein dan kandungan otot ikan tergantung pada spesies, kondisi nutrisi dan jenis otot. Selain itu, beberapa asam amino lain dan khususnya taurin, ditemukan terutama pada ikan berlemak termasuk sarden, peran bermanfaat dalam membatasi komplikasi diabetes tipe 2. dan penurunan

glukosa, insulin dan resistensi insulin (Madani *et al.*, 2012). Di sisi lain, Balfego *et al.* (2016) menunjukkan bahwa memasukkan 100g sarden selama 5 hari sampai seminggu ke dalam diet standar untuk pasien diabetes tipe 2 selama 6 bulan tidak dapat mengontrol glikemik tetapi menurunkan risiko kardiovaskular.

### **3.1.3. Lipid**

Lipid adalah senyawa yang larut dalam lemak yang ditemukan dalam jaringan tumbuhan dan hewan. Lemak adalah ester asam lemak dari gliserol dan merupakan depot energi primer. Ini membantu kebutuhan energi dalam jangka panjang selama latihan ekstensif atau di periode asupan makanan dan energi yang tidak memadai. Kandungan lipid ikan dipengaruhi oleh banyak faktor diantaranya nutrisi yang meliputi spesies, ukuran ikan, jumlah asupan makanan, komposisi pakan yang diambil, asal geografis pemanenan, pergantian musim, masa dewasa dan masa reproduksi (Lunn & Theobald, 2006, Ah *et al.*, 2016) . Kandungan lipid berkisar antara 0,2- 25%, jika kandungan lemak pada ikan tinggi, maka kandungan airnya turun dan sebaliknya (Pal *et al.*, 2018). Lipid ikan mengandung asam lemak tak jenuh ganda (PUFAs) dalam jumlah tinggi dalam dua kelompok yang berbeda yaitu asam lemak omega-3 (asam lemak  $\omega$ -3) dan asam lemak omega-6 (asam lemak  $\omega$ -6). Beberapa asam lemak disintesis dalam tubuh kita dan dikenal sebagai asam lemak non-esensial tetapi beberapa asam lemak tak jenuh tidak bisa disintesis dalam tubuh manusia yang dianggap asam lemak esensial dan kedua asam lemak yang disebutkan di atas dianggap sebagai asam lemak esensial karena tidak bisa disintesis oleh manusia oleh karena itu, harus diperoleh dari makanan atau suplementasi. Lipid ikan diketahui menyediakan sejumlah besar komponen penting, seperti nutrisi vitamin larut lemak (A dan D) untuk pola makan manusia. Asam lemak tak

jenuh ganda omega-3 memiliki peran positif dalam mencegah penyakit tertentu pada manusia, termasuk kardiovaskular (Gerling *et al.*, 2019). Dilaporkan bahwa konsumsi ikan 1 hingga 2 porsi per minggu bisa melindungi terhadap penyakit jantung koroner dan stroke iskemik (FAO & WHO, 2011; Tilami & Sampel, 2017). Untuk mencapai diet seimbang makanan harus mengandung lemak yang rendah dan proporsi yang tepat dari kualitas dan asam lemak komposisi yang diinginkan. Makanan dengan lemak jenuh rendah, Ikan biasanya dianggap makanan enak karena kandungan lemaknya yang rendah atau tidak ada lemak jenuh sama sekali. Rendah kalori. Nilai gizi ikan akan bervariasi dengan komposisi asam lemak yang bergantung pada lokasi pemanenan, pemotongan ikan dan umur ikan. Fungsi dari lipid pada Ikan adalah:

**a) Mengurangi kadar kolesterol dalam darah**

Kolesterol adalah jenis lemak yang secara alami diproduksi oleh tubuh kita dan juga ditemukan dalam makanan. Lemak tak jenuh dapat membantu mengurangi kadar kolesterol dalam darah, sehingga menurunkan risiko penyakit jantung. Ikan kaya minyak dan *spreads* yang merupakan sumber asam lemak Omega-3 yang sangat baik untuk kesehatan seperti ikan mackerel, sarden, *herring*.

**b) Asam lemak omega-3 untuk pola hidup sehat**

Dua asam lemak omega-3 terbanyak merupakan asam lemak yang penting bagi kesehatan, dua asam lemak omega terpenting diantaranya asam *eicosapentaenoic* (EPA) dan *docosahexaenoic* (DHA) yang banyak ditemui pada beberapa jenis ikan seperti salmon, trout, mackerel, herring dan sarden dimana memiliki keuntungan kesehatan yang sangat baik. Gejala *skizofrenia* dapat dihilangkan atau dikurangi dengan suplementasi oral dengan EPA. DHA adalah berfungsi memelihara jaringan otak manusia dan khususnya berlimpah

di materi abu-abu otak dan retina. Kurangnya asupan DHA telah dikaitkan dengan gejala depresi, kehilangan memori, demensia dan masalah visual. DHA khususnya penting untuk janin dan bayi; kandungan DHA dari otak bayi tiga kali lipat selama tiga bulan pertama kehidupannya. Tingkat DHA harus optimal untuk ibu hamil dan ibu menyusui. Minyak Omega-3 khusus dari ikan telah terbukti memiliki efek menurunkan lemak dalam darah, kolesterol dan mengurangi resiko serangan jantung.

#### **c) Mencegah kanker**

Minyak ikan dapat membantu mencegah sel kanker berkembang menjadi stadium tumor. Minyak ikan juga dapat mengurangi peradangan dan memberikan bantuan pada orang yang menderita rheumatoid arthritis dan bahkan beberapa gangguan kulit seperti: psoriasis.

#### **d) Dibutuhkan untuk perkembangan Otak**

Minyak Omega-3 dapat berperan penting dalam membantu perkembangan otak. Ibu hamil disarankan untuk banyak makan yang kaya minyak ikan dalam tiga bulan terakhir kehamilan untuk membantu pertumbuhan otak bayi. Pasokan minyak Omega-3 yang baik membantu dalam perkembangan saraf dan penglihatan.

### **3.2 Konstituen kecil dari otot ikan**

#### **3.1.4. Vitamin**

Vitamin adalah zat dengan berat molekul rendah yang berfungsi dan memiliki peran penting dalam mengatur fungsi tubuh. Vitamin adalah zat yang tidak dapat disintesis oleh tubuh dan karenanya harus dipasok melalui makanan untuk pertumbuhan dan perkembangan normal (Balachandan, 2002). Ikan adalah sumber yang baik untuk makanan tertentu vitamin yang memegang fungsi yang sangat penting dalam tubuh. Ikan berlemak adalah sumber yang



kaya vitamin A dan D, yang berperan penting dalam pertumbuhan dan perkembangan anak-anak. Ikan tanpa lemak adalah sumber yang baik dari kelompok vitamin B.

Vitamin A diperlukan untuk pertumbuhan normal, pembentukan tulang, gigi dan pembentukan sel. Vitamin mencegah penglihatan yang buruk dan membantu dalam treatment banyak penyakit mata. Vitamin D membantu penggunaan kalsium dan fosfor dengan cara yang benar, yaitu: diperlukan untuk memperkuat tulang dan gigi. (Pal *et al.*, 2018). Vitamin B penting untuk enzim yang berfungsi mempercepat proses kimia dalam tubuh. Vitamin K hadir dalam ikan bertanggung jawab sebagai faktor antihemorrhage. Vitamin K juga membantu mencegah pendarahan internal dan merangsang pembekuan darah yang benar. Makanan laut berlemak seperti makarel, herring, salmon, dan trout kaya akan vitamin A dan D. Minyak ikan diambil dengan pengurangan tingkat vitamin E peradangan, pembengkakan sendi, nyeri dan nyeri tekan karakteristik *rheumatoid arthritis*.

### **3.1.5. Mineral**

Ikan adalah sumber yang baik dari hampir semua mineral yang ditemukan dalam air laut dan nilainya berkisar antara 0,4-1,5% (Pal *et al.*, 2018). Mineral yang terdapat pada ikan antara lain zat besi, kalsium, seng, fosfor, selenium fluor, yodium dengan 'bioavailabilitas' yang tinggi (Balachandan,2002). Ketersediaan selenium dan yodium dalam ikan laut memiliki arti khusus dari segi nutrisi. Selenium merupakan *trace elemen* antioksidan yang sangat penting. Yodium penting untuk hormone tiroksin yang mengatur metabolisme tubuh pada anak-anak, Yodium diperlukan untuk pertumbuhan dan perkembangan mental. Besi penting dalam sintesis

hemoglobin dalam sel darah merah untuk mengangkut oksigen ke seluruh bagian tubuh.

Kalsium adalah mineral penting lainnya yang bertanggung jawab atas kepadatan tulang dalam makanan manusia (FAO, 2002). Asupan kalsium yang dianjurkan untuk orang dewasa oleh WHO/FAO adalah 400-500 mg per hari. Dibandingkan mineral lainnya, penyerapan kalsium oleh tubuh relatif tidak efisien. Ikan dan kerang merupakan sumber kalsium yang melimpah (Valverde et al., 2000). Selain itu, tulang salmon dan ikan cod telah dinilai sebagai sumber kalsium yang baik untuk penyerapan (Malde et al., 2010). Pancing ikan baik sebagai produk sampingan untuk digunakan sebagai sumber kalsium alami dalam makanan fungsional atau suplemen. Fosfor juga berperan penting dalam pembentukan tulang dan membran sel sebagai komponen fosfolipid, lapisan ganda lipid. Jumlah total fosfor dalam tubuh manusia adalah sekitar 700 g, dimana 80% berada di tulang, 10,9% di organ dalam dan 9% di tulang, jaringan otot (Valverde et al., 2000).

**Tabel 3.1.** Konstituen mineral penting otot ikan

Elemen	Nilai rata-rata (mg/100g)
Sodium (Na)	72
Potassium(K)	278
Calcium (Ca)	79
Magnesium (Mg)	38
Phosphorus (P)	190

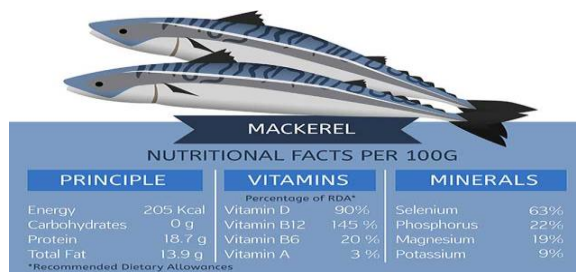
### 3.3 Faktor-faktor yang mempengaruhi nilai gizi pada ikan

Sejumlah faktor yang mempengaruhi komposisi daging ikan. Setiap pembahasan mengenai nilai gizi ikan, misalnya, cara produksi dan cara pemrosesan akan mempengaruhi kualitas final produk. Di bawah kondisi kultur

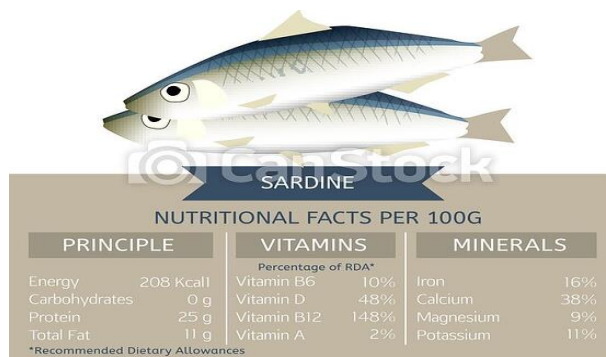
intensif komposisi pakan dan jenis makanan, memiliki pengaruh besar (Lie, 2001) . Sebaliknya, selama ikan diberi makan makanan yang cukup yang mengandung semua nutrisi yang dibutuhkan dalam jumlah yang cukup, kandungan dan komposisi protein tampaknya telah ditentukan sebelumnya untuk setiap spesies ikan terlepas dari konten dalam makanan atau rejimen makanannya. Terutama komposisi lipidnya mudah dipengaruhi oleh komposisi pakan juga selain pemberian pakan dan sistem pemeliharaan . Mikronutrien dapat dipengaruhi dan dapat memiliki beberapa efek pada kualitas daging. Terakhir namun tidak kalah pentingnya adalah cara persiapan makanan yang memiliki pengaruh signifikan terhadap komposisi asam lemak produk yang akhirnya dikonsumsi.



**Gambar 3.3.** Kalori Berbagai Jenis Ikan Segar  
 Sumber: <https://elmeson-santafe.com/>



**Gambar 3.4.** Kandungan Nutrisi Ikan Mackerel  
 Sumber: [https://www.123rf.com/photo\\_76591651\\_mackerel-health-benefits-vector-illustration-with-useful-nutritional-facts-essential-vitamins-and-mi.html](https://www.123rf.com/photo_76591651_mackerel-health-benefits-vector-illustration-with-useful-nutritional-facts-essential-vitamins-and-mi.html)



**Gambar 3.5.** Kandungan Nutrisi Ikan Sardine  
 Sumber: <https://www.dreamstime.com/>

### 3.4 Kerusakan ikan segar

Ikan segar dapat cepat rusak setelah ditangkap. Proses dekomposisi (*Rigor mortis*) dimulai dalam waktu 12 jam setelah ditangkap di daerah tropis yang bersuhu tinggi (Berkel *et al.*, 2004). Rigidity mortis adalah proses dimana ikan kehilangan kelenturannya akibat kekakuan ikan beberapa jam setelah mati (Adebowale *et al.*, 2008). Kesegaran sebagian besar spesies ikan dikurangi oleh enzim pencernaan dan lipase, degradasi mikroba dan oksidasi oleh bakteri permukaan (AMEC, 2003). Ketika ikan membusuk, berbagai komponen terurai dan senyawa baru terbentuk. Senyawa baru inilah yang bertanggung jawab terhadap perubahan bau, rasa, dan tekstur daging ikan. Hal ini menjadi perhatian utama terhadap kesegaran produk yang akan dijual termasuk pemecahan protein dan lemak. Energi yang lebih tinggi memerlukan modifikasi penyimpanan beku dengan bahan pengawet sintetis atau alami untuk mengendalikan oksidasi lipid dan pertumbuhan mikroba ikan selama penyimpanan (Mahmoud *et al.*, 2006). Kombinasi pengawet dan pendinginan ini mengurangi terjadinya proses pembusukan (Bagamboula *et al.*, 2004). Perubahan komposisi kimia selama hasil pembusukan ikan dalam proses oksidasi lipid dan degradasi protein serta kehilangan molekul penting lainnya.

Teknik pengawetan yang berkembang optimal dalam bentuk aktif, pemahaman tentang mekanisme yang bertanggung jawab atas degradasi dan kerusakan senyawa daging ikan menjadi penting.

### 3.5 Mekanisme pembusukan ikan

Pembusukan ikan dihasilkan dari tiga mekanisme dasar, yakni autolysis, enzimatik, oksidasi, dan pertumbuhan mikroba

#### a) Autolisis.

Segera setelah ditangkap, perubahan kimia dan biologi akan terjadi pada ikan mati karena kerusakan enzimatik dari molekul makro dan mikro pada ikan (FAO, 2005) menyatakan bahwa enzim autolitik mengurangi kualitas tekstur selama tahap awal kerusakan tetapi tidak menghasilkan karakteristik pembusukan *off-odor* dan *off-flavor*. Hal ini menunjukkan bahwa degradasi autolitik dapat membatasi umur simpan dan kualitas produk bahkan dengan tingkat pembusukan yang relatif rendah. Perubahan autolitik yang terjadi pada ikan dingin/beku dirangkum dalam Tabel 2.2 (FAO, 2005).

**Tabel 3.2.** Perubahan autolitik yang terjadi pada ikan dingin/beku

Enzim	Substrat	Efek	Pencegahan
Enzim glikolisis	Glikogen	Produksi asam laktat menghasilkan penurunan pH	Hindari stres Pra Rigor
Enzim autolysis termasuk kerusakan/degradasi nukleotida	ATO, ADP, AMP, IMP	Produksi Hipoksantin secara gradual	Hindari stres pra-rigor dan tingkatkan kualitas handling
Katepsin	Protein,	Pelunakan	Hindari

	peptide	jaringan	penanganan yang kasar selama penyimpanan
Kemotripsin, Tripsin, Karboksi peptidase	Protein, peptide	Perut pecah	Masalah meningkat dengan pembekuan/thawing atau penyimpanan dingin selama jangka panjang
Kalpain	Protein Myofibril	Pelunakan	Penghilangan kalsium
Kolagen	Connective tissue	Pelunakan dan kerusakan tisu	Waktu dan suhu penyimpanan dingin
Trimethyl Oksida (TMAO) demetilase	TMAO	Formaldehida	Suhu penyimpanan kurang dari -30°C, kekerasanfisik, pembekuan/pencairan

Sebagian besar dampaknya adalah pada kualitas tekstur bersama dengan produksi hipoksantin dan formaldehida. Enzim pencernaan menyebabkan autolisis ekstensif yang mengakibatkan pelunakan daging, pecahnya dinding perut dan air mengalir keluar dari darah yang mengandung protein dan minyak (FAO, 1986). Sejumlah enzim proteolitik ditemukan di otot dan jeroan ikan setelah ditangkap. enzim berkontribusi terhadap degradasi *post mortem* pada

ikan, produk otot dan ikan selama penyimpanan dan pemrosesan. Ada perubahan terkait sensorik atau produk yang dapat disumbangkan oleh enzim proteolitik (Engvang dan Nielsen, 2001). Selama penyimpanan keseluruhan ikan yang tidak tepat, proteolisis bertanggung jawab untuk degradasi protein dan diikuti dengan proses solubilisasi (Lin dan Park, 1996). Di sisi lain, peptida dan asam amino bebas dapat diproduksi sebagai hasil dari autolisis protein otot ikan, yang mengarah ke pembusukan daging ikan sebagai hasil dari pertumbuhan mikroba dan produksi amina biogenik (Fraser dan Sumar, 1998). Pecahnya perut disebabkan oleh kebocoran enzim proteolitik dari *caeca pilorus* dan usus ke otot perut. Protease memiliki pH optimal di kisaran netral hingga basa. Laju degradasi oleh enzim proteolitik berkurang ketika ikan itu disimpan pada suhu 0°C . Aoki dan Ueno (1998) melaporkan bahwa penyebab utama degradasi *post-mortem* jaringan otot mackerel disebabkan oleh aktivitas enzim *Cathepsin L*. yang dibebaskan dari lisosom selama penyimpanan selama 7 hari pada 0°C. Enzim yang diisolasi dihidrolisis menjadi miosin, troponin T, troponin I dan tropomiosin. Proses hidrolitik dari makarel cathepsin L serupa dengan cathepsin L dari chum white muscle salmon seperti yang dilaporkan oleh Yamashita dan Konagaya (1990). Yongsawatdigul et al (2000) melaporkan degradasi proteolitik surimi ikan nila tropis ketika suhu dinaikkan melebihi 40°C dengan aktivitas maksimum pada 65°C.

#### **b) Pembusukan oksidatif**

Oksidasi lipid merupakan penyebab utama pembusukan dan ketengikan pada spesies ikan pelagis seperti makarel dan herring yang memiliki kandungan minyak/lemak tinggi, serta ikan yang menyimpan lemak di ototnya (Fraser dan Sumar, 1998). Oksidasi lipid melibatkan tiga langkah mekanisme radikal bebas: inisiasi, propagasi dan terminasi (Frankel, 1985; Khayat dan Schwall, 1983).

Inisiasi melibatkan pembentukan radikal bebas lipid melalui katalis seperti panas, ion logam, dan iradiasi. Radikal bebas ini bereaksi dengan oksigen membentuk radikal peroksil. Selama reproduksi, radikal peroksil bereaksi dengan molekul lipid lainnya membentuk hidroperoksida baru dan radikal bebas (Fraser dan Sumar, 1998; Hultin, 1994). Oksidasi lipid berakhir ketika akumulasi radikal bebas berinteraksi membentuk produk non-radikal. Oksidasi biasanya melibatkan reaksi oksigen dengan asam lemak dengan ikatan rangkap. Oleh karena itu, lipid ikan yang terdiri dari asam lemak tak jenuh ganda sangat sensitif terhadap oksidasi. Agar oksidasi terjadi, oksigen molekuler harus diaktifkan. Logam transisi adalah penggerak utama molekul oksigen (Hultin, 1994). Pada ikan, oksidasi lipid dapat terjadi secara enzimatik maupun non-enzimatik. Hidrolisis lemak secara enzimatik oleh lipase disebut lipolisis (pemecahan lemak). Selama proses ini, lipase memecah gliserida untuk membentuk asam lemak bebas, yang bertanggung jawab atas: (a) rasa tidak enak secara umum, sering disebut sebagai ketengikan, dan (b) penurunan kualitas minyak (Huis, 1996). ; FAO, 1986). Enzim lipolitik endogen dapat berasal dari makanan (seperti susu) atau dari mikroorganisme psikrotrofik (Huis, 1996). Oksidasi non-enzimatik disebabkan oleh senyawa hematin (hemoglobin, mioglobin dan sitokrom) yang mengkatalisis produksi hidroperoksida (Fraser dan Sumar, 1998). Asam lemak yang terbentuk selama hidrolisis lipid ikan berinteraksi dengan protein sarkoplasma dan miofibrilar menyebabkan denaturasi (Anderson dan Ravesi, 1969). Undeland et al. (2005) melaporkan bahwa oksidasi lipid dapat terjadi pada otot ikan karena hemoglobin (Hb) bersifat sangat oksidatif, terutama bila terdeoksidasi dan/atau teroksidasi. Penambahan asam yang dapat menurunkan pH dapat mempercepat oksidasi lipid oleh Hb terdeoksigenasi.



**c) Pembedusan mikroba:**

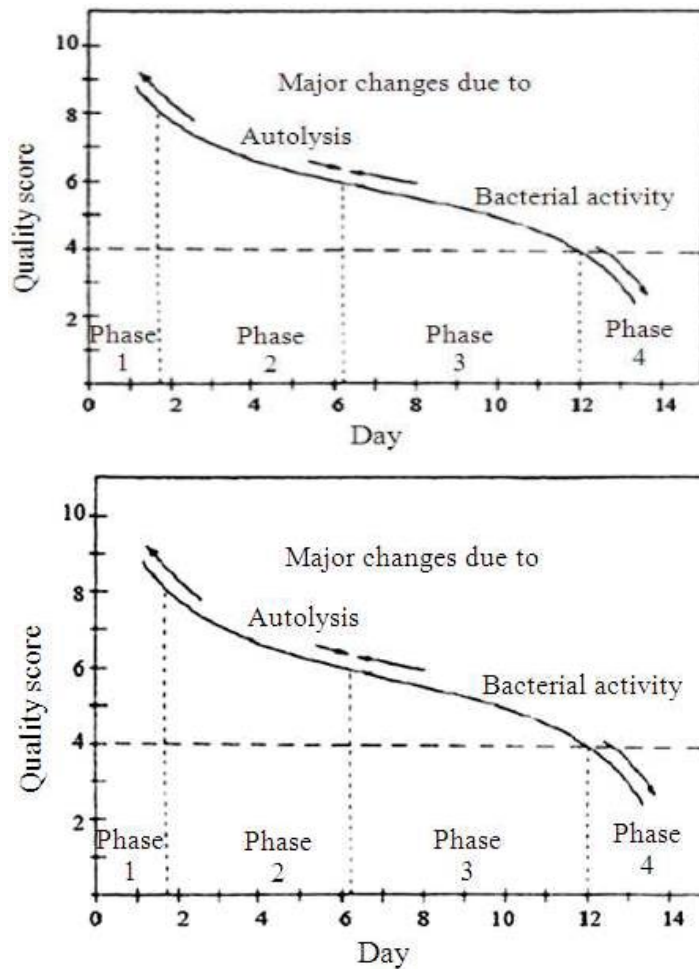
Komposisi mikroflora ikan yang baru ditangkap tergantung pada kandungan mikroba air tempat ikan tersebut hidup. Mikroflora ikan meliputi jenis bakteri seperti *Pseudomonas*, *Alcaligenes*, *Vibrio*, *Serratia* dan *Micrococcus* (Gram dan Huss, 2000). Pertumbuhan dan metabolisme merupakan penyebab utama pembedusan ikan yang menghasilkan amina. Amina biogenik seperti putresin, histamin dan kadaverin, asam organik, sulfida, alkohol, aldehida, dan keton menyebabkan bau tidak sedap dan sisa rasa yang tidak dapat diterima (Dalgaard et al., 2006; Emborg et al., 2013; Gram dan Dalgaard, 2002). Bakteri fermentatif Gram-negatif (misalnya *Vibrionaceae*) menyebabkan pembedusan ikan mentah, sedangkan bakteri Gram-negatif psikrotoleransi (misalnya *Pseudomonas* spp. dan *Shewanella* spp.) biasanya merusak ikan pada suhu dingin (Gram dan Huss, 2000). Oleh karena itu, penting untuk membedakan mikroflora non-pembedusan dari bakteri pembedus, karena banyak bakteri sebenarnya bukan kontributor pembedusan (Huss, 1995). Senyawa yang terbentuk selama pembedusan melalui metabolisme mikroba tercantum dalam Tabel 2.3.

**Table 3.3.** Komponen bakteri pembedus (Church, 1998)

<b>Bakteri pembedus spesifik</b>	<b>Komponen pembedus</b>
<i>Shewanella putrifaciens</i>	TMA, H <sub>2</sub> S, CH <sub>3</sub> SH, (CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> S, HX
<i>Photobacterium phosphoreum</i>	TMA, HX
<i>Pseudomonas</i> spp.	Ketones, aldehydes, esters, non -H <sub>2</sub> S Sulphides
<i>Vibrionaceae</i>	TMA, H <sub>2</sub> S
<i>Aerobic spoilers</i>	NH <sub>3</sub> , acetic, butyric and propionic acid

TMA: Trimethylamine; H<sub>2</sub>S: Hydrogen sulphide; CH<sub>3</sub>SH:

Methylmercaptan;  $(\text{CH}_3)_2\text{S}$ : Dimethylsulphide; HX = Hypoxanthine,  $\text{NH}_3$ : Ammonia



**Gambar 3.6.** Diagram Fase tahapan pembusukan ikan  
Sumber: Shawyer and Pizzali, (2003)

Liston (1980) menyatakan bahwa protein didegradasi oleh protease menjadi peptida dan asam amino, sedangkan lipid didegradasi oleh lipase menjadi asam lemak, gliserol dan senyawa lainnya. Gambar 2.6. menggambarkan pembusukan ikan dalam empat fase yang mulai membentuk kerusakan autolitik yang disebabkan oleh enzim dan bertanggung jawab untuk

dua fase pertama awal terjadinya pembusukan. Dua fase yang lainnya hasil pembusukan dari mikroba, terutama bakteri yang akhirnya merusak ikan sedemikian rupa sehingga tidak dapat dimakan (Abbas *et al.*, 2009). Olafsdottir *et al.* (2006) melaporkan pada proliferasi organisme pembusuk spesifik pada *fillet haddock* disimpan pada 0, 7 dan 15°C ditemukan *Photobacterium phosphoreum* menjadi dominan antara bakteri pembusuk. *Shewanella putrefaciens* bertanggung jawab atas bau busuk akibat produksi H<sub>2</sub>S.

**Table 3.4.** Bacterial spoilage compounds (Church, 1998)

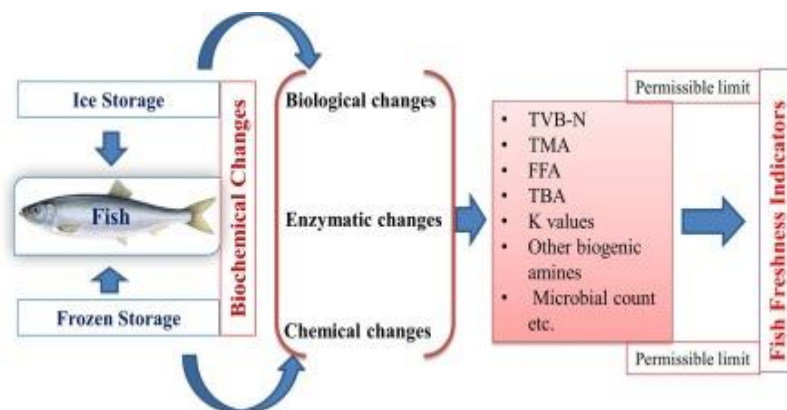
Aktivitas pembusuk	Mikroorganisme
<b>Tinggi</b>	<i>Pseudomonas</i> (Alteromonas) <i>putrefaciens</i> <i>Pseudomonas</i> (altreomonas) <i>fluorescens</i>  <i>Fluorescent pseudomonads</i>
<b>Moderate</b>	<i>Moraxella</i> , <i>Acinetobacter</i> and <i>Alcaligenes</i>
<b>Rendah ( Kondisi spesifik)</b>	<i>Aerobacter</i> , <i>Lactobacillus</i> , <i>Flavobacterium</i> ,  <i>Micrococcus</i> , <i>Bacillus</i> and <i>Staphylococcus</i>

Trimethylamine (TMA) sering digunakan untuk mengetahui kerusakan mikroba yang menyebabkan pembusukan ikan. Ikan menggunakan trimetilamina oksida (TMAO) sebagai osmoregulator untuk mencegah

dehidrasi di lingkungan laut dan air tawar. Bakteri psikotoleransi seperti *Shewanella putrefaciens*, *Aeromonas* spp., *Enterobacteriaceae*, *P. fosforeum* dan *Vibrio* spp. energi dapat diperoleh dengan mengkatalisis TMAO menjadi TMA, yang menciptakan rasa seperti amonia (Gram dan Dalgaard, 2002).

Tabel daftar pembusukan bakteri dalam urutan menurun dari aktivitas pembusukan. *Pseudomonas putrefaciens*, *pseudomonad neon* dan bakteri pembusuk lainnya meningkat pesat selama tahap awal pembusukan, menghasilkan banyak proteolitik dan enzim hidrolitik (Shewan, 1961). Liston (1980) menyatakan bahwa protein didegradasi oleh protease menjadi asam amino dan peptida sedangkan lipid didegradasi oleh lipase menjadi asam lemak, gliserol dan senyawa lainnya. Pembusukan ikan dalam empat fase yang mulai membentuk kerusakan autolitik yang disebabkan oleh enzim dan bertanggung jawab untuk dua fase awal pembusukan pertama. Dua fase yang lainnya hasil pembusukan dari mikroba, terutama bakteri yang akhirnya merusak ikan sedemikian rupa sehingga tidak dapat dimakan (Abbas *et al.*, 2009).

### 3.6 Teknik pengawetan ikan



**Gambar 3.7.** Fase tahapan pembusukan ikan  
Sumber: Shawyer and Pizzali, 2003

Berbagai jenis metode pengawetan seperti pengeringan, pengasapan, pembekuan, brining, fermentasi dan pengalengan dilaporkan dapat memperpanjang umur simpan makanan laut dan produk daging. Namun, penyimpanan suhu rendah dan teknik kimia untuk mengendalikan aktivitas air, enzimatis, oksidatif dan pembusukan mikroba adalah yang paling umum dilakukan di dunia industri.

a) Penyimpanan suhu rendah

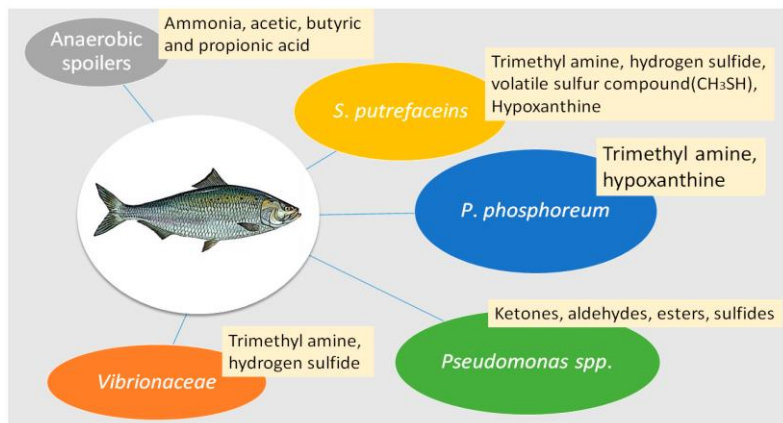
Sejak pertengahan abad ke-19, metode penyimpanan suhu rendah telah digunakan untuk pengawetan berbagai jenis makanan laut yang dapat menghambat pertumbuhan mikroorganisme. Metode pengawetan ini tidak membunuh mikroorganisme tetapi mengurangi metabolisme mikroba yang bertanggung jawab untuk pembusukan (Ashie *et al.*, 1996). Johnston *et al.* (1994) menyatakan bahwa pembekuan dan penyimpanan dingin adalah metode pengawetan ikan yang efisien tetapi tidak memperbaiki kualitas produk. Hal ini diperlukan untuk mengawetkan ikan di suhu 0°C setelah tangkapan karena pembusukan dapat terjadi sangat cepat (FAO, 1973).

Berkel *et al.* (2004) melaporkan dua kemungkinan untuk menyimpan ikan segar pada suhu rendah: (a) pendinginan pada -1° hingga +4°C, yang dapat menghambat pertumbuhan mikroorganisme dan (b) pembekuan pada -18 hingga -30°C, yang sepenuhnya menghentikan pertumbuhan bakteri. Namun, keduanya tetap melibatkan proses perubahan enzimatis dan non enzimatis dan terus berlanjut pada pembusukan tetapi dalam tingkat lebih lambat. Penggunaan es atau metode pendinginan lainnya disarankan untuk menyimpan ikan sepanjang waktu di tempat yang memiliki kondisi dingin sebelum dibekukan (Johnston *et al.*, 1994).

Fungsi es meliputi: (a) menjaga keseragaman suhu rendah, (b) mengurangi autolisis dan degradasi bakteri dan (c) memberikan kelembutan

efek pencucian/pembersihan selama *thawing* (Rand dan Pivarnik, 1992). Untuk mendapatkan suhu di bawah titik beku air murni, es dibuat dari air asin untuk mencapai suhu dingin mendekati  $-2,5^{\circ}\text{C}$ . Namun, kemungkinan akan terjadi pengurangan rasa karena hilangnya asam amino bebas mungkin akan menjadi sebuah kerugian (Borgstrom, 1968).

Operasi pembekuan untuk pengawetan tidak bisa memastikan pencegahan kehilangan asam amino. Namun, hal itu pasti menghambat reaksi fisik dan biokimia yang bertanggung jawab atas pembusukan makanan (George, 1993). Kelangsungan hidup mikroorganisme pembusuk selama penyimpanan tergantung pada jenis mikroorganisme dan spesies ikan, sejarah ikan, metode penangkapan dan proses penanganan dan penyimpanan di atas kapal penangkapan ikan (Ashie *et al.*, 1996).



**Gambar 3.8.** Bakteri penyebab kebusukan ikan  
Sumber: Rathod *et al.*, 2022

Ikan mengandung sekitar 60-80% air, tergantung spesiesnya. Proses pembekuan mengubah sebagian besar air menjadi es (Johnston *et al.*, 1994). Meskipun titik beku ikan adalah  $-1$  sampai  $-2^{\circ}\text{C}$ , pada suhu  $-25^{\circ}\text{C}$  hanya 90-95% air yang membeku. Tidak termasuk air terikat yang secara kimiawi terikat

pada senyawa tertentu seperti kelompok protein dan amino karbonil serta ikatan hidrogen (Garthwaite, 1997).

Johnston *et al* (1994) melaporkan perubahan proporsi air (dikonversi menjadi es). Untuk suhu jaringan otot ikan. 3. 70% air membeku pada suhu -5°C. Namun, bahkan pada suhu -30 °C, sebagian air dalam daging ikan masih belum membeku. Kualitas akhir tergantung pada kualitas ikan selama pembekuan dan faktor lain seperti suhu pembekuan/pendinginan penyimpanan, laju pembekuan dan distribusi (Johnston *et al.*, 1994). Faktor terpenting yang mempengaruhi kualitas ikan beku adalah pembekuan (pembekuan lambat dan cepat). Pembekuan cepat menghasilkan kualitas ikan beku yang lebih baik dibandingkan pembekuan lambat karena pembekuan lambat menghasilkan kristal es yang besar dibandingkan dengan pembekuan cepat yang merusak dinding sel dan menyebabkan denaturasi protein. Di sisi lain, denaturasi juga bergantung pada konsentrasi enzim dan senyawa lain yang ada (Rahman, 1999; Garthwaite, 1997; Johnston *et al.*, 1994).

Perubahan protein menghasilkan penampakan kusam dan parameter tekstur dan jaringan menjadi lunak dan kenyal yang akan sangat mempengaruhi kualitas produk perikanan. Reaksi enzimatik masih dapat berlanjut dalam keadaan ikan beku pada suhu -30°C (Cassens, 1994; Graham, 1982) yang melibatkan sejumlah metabolit lain: Glikolisis, degradasi nukleotida dan proteolisis (Jones, 1963). Aktivitas enzimatik endogen ini menyebabkan perubahan intrinsik kimia dan fisika. Meskipun aktivitas enzimatik lambat, namun tetap bisa mendorong pertumbuhan mikroba dan metabolisme (Simpson, 1997). Umur simpan pada suhu dingin pada beberapa produk ikan di suhu -30°C dirangkum oleh Graham (1982) dalam Tabel 3.5.

**Tabel 3.5.** Masa simpan beberapa produk pada Penyimpanan beku (-30°C),  
(Graham, 1982)

<b>Sampel</b>	<b>Masa simpan (Bulan)</b>
<b>White fish (gutted)</b>	8,0
<b>White fish (smoked)</b>	7,0
<b>Herring (gutted)</b>	6,0
<b>Herring (ungutted)</b>	6,0
<b>Mackerel (gutted)</b>	6,0
<b>Mackerel (ungutted)</b>	6,0
<b>Kippers</b>	4,5
<b>Raw whole nephrops</b>	8,0
<b>Shelled nephrops</b>	8,0
<b>Cooked shucked mussels</b>	8,0
<b>Raw shrimp</b>	6,0
<b>Raw whole oysters</b>	6,0
<b>Scallop meat</b>	6,0
<b>Cooked shrimp</b>	6,0
<b>Cooked whole crab</b>	6,0
<b>Cooked whole lobster</b>	6,0
<b>Extracted crab meat</b>	4,0

Pembusukan mikroba pada suhu penyimpanan yang direkomendasikan -9 hingga -12°C. Namun, enzim hadir dalam ikan masih akan memainkan peran penting dalam pembusukan. Sekitar 10-60% populasi dari mikroba yang hidup akan mati selama pembekuan namun sisanya secara bertahap meningkat selama penyimpanan beku (Rahman, 1999). Morlier *et al.* (1989), nematoda yang ditemukan pada ikan tertentu, bisa dibunuh dengan pembekuan hingga -20°C



dan tahan setidaknya 24 jam. Raj dan Liston (1961) melaporkan bahwa hanya 1 log<sup>10</sup> pengurangan jumlah *Salmonella typhimurium* ketika ikan dibekukan pada suhu -22°C dan disimpan pada suhu -17,9°C selama lebih 1 tahun. Miladi *et al.* (2008) menemukan bahwa penyimpanan beku *L. monocytogenes* pada Salmon tidak menurunkan potensi kelangsungan hidup patogen yang ditularkan melalui makanan selama sepuluh bulan pada suhu beku -20°C.

Selama penyimpanan dingin, dekomposisi Thimethylamine Oxide (TMAO) pada ikan dan hasil laut menjadi pembentukan trimetilamina dan dimetilamina yang bertanggung jawab untuk menghilangkan rasa (Hui, 2006) dan formaldehida bereaksi dengan protein dan bertanggung jawab untuk mengurangi kelarutannya dalam larutan garam dan buffer (Rahman, 1999). Arannilewa *et al.* (2005) meneliti efek durasi penyimpanan beku pada bahan kimia, profil mikrobiologis dan sensorik ikan nila (*Sarotherodon galiaenus*). Hasil penelitian menunjukkan penurunan nilai protein dan lemak sebesar masing-masing 27,9 dan 25,92%,. Jumlah **coliform** total meningkat dari 3,0×10<sup>3</sup> -7,5×10<sup>6</sup> selama penyimpanan. Pembekuan ikan dicapai dengan menggunakan metode pembekuan yang berbeda. Prinsip dasarnya meliputi: Meniupkan udara dingin ke atas ikan, membuat ikan bersentuhan dengan pelat logam yang didinginkan dan dengan merendam ikan di tempat cairan dengan suhu yang rendah. Kelebihan dan kekurangannya metode yang berbeda dirangkum dalam Tabel 3.6.

**Tabel 3.6.** Perbandingan berbagai metode pembekuan dengan menggunakan alat pembeku

Metode pembekuan	Deskripsi	Keuntungan	Kerugian
<i>Air Blast Freezer (ABF)</i>	Bahan dibekukan dengan ventilasi udara dingin	Menerima berbagai bentuk dan macam	Easy to be used inefficiently and incorrectly and

	sambil lewat ukuran bahan yang running cost is perlahan lewat akan dibekukan high pada sabuk bergerak di terowongan		
<b>Plate Freezer</b>	Artikel yang akan dibekukan ditempatkan di tengah dua piring didinginkan	Mengonsumsi lebih sedikit daya dan menempati lebih sedikit ruang daripada freezer semburan udara	Kontak yang buruk antara bahan dan pelat dan hanya efektif pada paket datar
<b>Immersion freezing</b>	Perendaman bahan secara langsung ke lingkungan cairan dingin	Sangat efisien	Kesulitan dalam menemukan cairan yang cocok memiliki titik beku rendah dan tidak mencemari makanan
<b>Liquid Nitrogen Freezing</b>		Waktu pembekuan singkat; peralatan kompak dan penurunan berat produk yang rendah	Tingginya biaya nitrogen cair dan potensinya bahaya yang terlibat ketika menggunakan nitrogen cair

#### b) *Air Blast Freezer*

Ruang pembekuan awal biasanya terdiri dari jaringan pipa telanjang pada langit-langit di atas rel tempat bangkai domba dan daging sapi digantung. Kamar beku ini mengandalkan konveksi alami udara dingin, biasanya sekitar 15°C, dan menghasilkan waktu pembekuan hingga tiga hari. Setelah Perang Dunia II, dunia menghadapi makanan yang serius kekurangan. Inovasi utama Selandia Baru adalah *freezer* semburan udara yang memungkinkan pembekuan cepat untuk jumlah ekspor yang tinggi. ABF menggunakan kipas angin untuk meniupkan udara pada suhu rendah (hingga -30°C) lebih dari suhu daging dan

dapat mengurangi waktu pembekuan antara 10 dan 24 jam. Kemampuan ini untuk membekukan dan mengangkut makanan ke pasar yang jauh sehingga bermanfaat dalam perdagangan dan distribusi daging segar. *Freezer* meniup udara dingin serendah mungkin  $-40^{\circ}\text{C}$  dengan kecepatan putar 3 m/s di atas karton dan mencapai waktu pembekuan 24 jam. Selama 20-30 jam berikutnya, *freezer* semburan udara (ABF) menjadi *freezer* universal dalam industri makanan beku. Beberapa variasi dikembangkan, termasuk aliran silang dan sistem aliran udara vertikal dan ada perpindahan dari *batch* ke produksi berkelanjutan untuk lebih besar melalui penempatan dan pengurangan biaya tenaga kerja. Pada tahun 1980-an, efisiensi energi menjadi parameter desain yang penting. Banyak potensi inisiatif hemat energi diselidiki baik dari segi sistem pendingin dan sistem secara keseluruhan. Hemat energi termasuk: peningkatan desain aliran udara dengan mengubah pengaturan penumpukan produk dan penggunaan *baffle* dan pembubutan baling-baling, memvariasikan kecepatan udara pada waktu yang berbeda di seluruh proses pembekuan dan pengaruh kemasan produk pada pembekuan waktu. Perangkat hemat energi termudah dan paling menguntungkan hari ini adalah penggunaan penggerak kecepatan variabel (VSD) pada kipas evaporator.

### c) Pentingnya *Air Blast Freezer*

Pemusnahan bakteri terbesar dalam kisaran  $4-10^{\circ}\text{C}$  ', di mana metabolisme mereka terganggu, bahkan terhenti. Ketika laju pembekuan lambat, bakteri memiliki waktu untuk beradaptasi dengan kondisi baru, maka makanan perlu dibekukan dengan cepat. Ada berbagai metode yang tersedia untuk pembekuan makanan, berikut ini meliputi: *Air-blast freezers* (*batch* dan *continuous*), *fluidized bed freezer*, freezer perendaman cair, *plate freezer*, freezer nitrogen cair dan freezer karbon dioksida. Keuntungan utama dari ABF

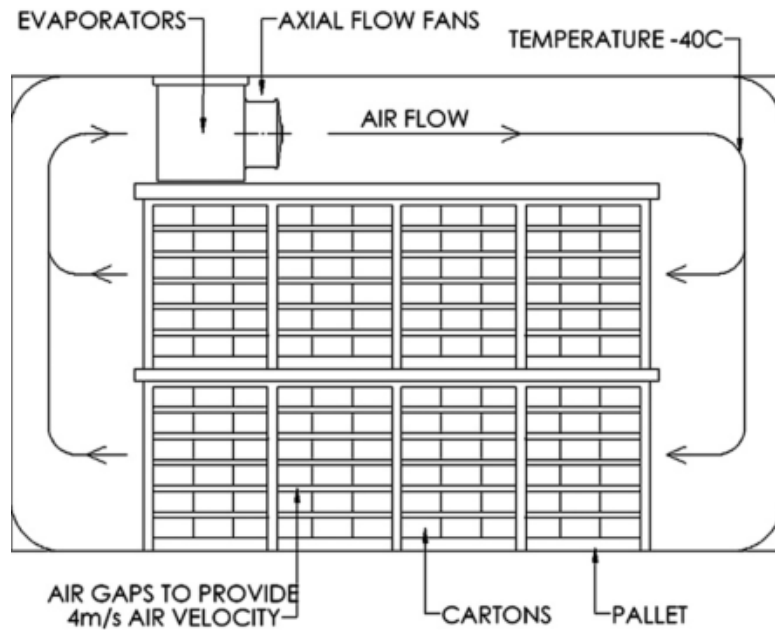
adalah keserbagunaannya. Karena udara memiliki cairan viskositas rendah dan memiliki kemampuan untuk dengan mudah mengikuti geometri permukaan yang tidak teratur, sehingga memberikan laju pembekuan yang lebih seragam di seluruh produk. Metode pembekuan lainnya seperti pembekuan pelat (pembekuan kontak) menawarkan waktu pendinginan yang lebih cepat, tetapi hanya dapat digunakan dengan produk geometri yang sesuai, yaitu permukaan datar agar sesuai dengan *bed fluidized freezer*.

#### d) Jenis *Air freezer*

*Air freezer* adalah metode pembekuan makanan yang paling banyak digunakan, bersifat ekonomis, higienis dan relatif tidak korosif terhadap peralatan. Berbagai bentuk *freezer* semburan udara digunakan dalam industri.

***Sharp freezer*** : atau *blast room freezer* adalah ruang penyimpanan dingin yang bergantung pada konveksi alami dan pergerakan udara rendah dari kipas evaporator untuk mensirkulasikan udara pendingin sehingga lambat laun membeku. Pengaturan ini terkadang digunakan untuk jumlah besar produk seperti mentega, daging sapi, dan ikan, tetapi tidak untuk diproses untuk produk makanan.

***Tunnel freezers***: udara yang didinginkan dan disirkulasikan oleh kipas besar atas produk yang tersimpan dalam ruang tertutup yang terisolasi. Daging bangkai di kaitkan dan digantung dari konveyor atau rak yang dirancang khusus. Baki atau *spacer* diatur sedemikian rupa menyediakan ruang udara di antara setiap lapisan baki. Udara bisa baik *cross flow* atau *counter flow*, tergantung pada jenis lemari es terowongannya.



**Gambar 3.9.** Skema dari *freezer Air Blast Freezer*.  
 Sumber: Dempsey & Bansal (2012)

**Batch Freezer:** Produk ditumpuk di atas palet, atau digantung dari kait pada rel geser dalam kasus daging, dan dimuat ke dalam *freezer* menggunakan *fork hoist*. Ini adalah proses on/off di mana *freezer* dimuat, jalankan sampai dagingnya dibekukan ke suhu yang diinginkan, lalu dipompa dan dimatikan untuk bongkar muat. *Batch blast freezer* cocok untuk jumlah kecil produk bervariasi. Nilai koefisien perpindahan panas kurang dari 50 W/m<sup>2</sup> K.

**Lemari es mekanis:** Rak palet dilengkapi dengan kastor atau roda. Rak atau troli biasanya dipindahkan di atas rel dengan mekanisme mendorong, biasanya bertenaga hidrolik. Pembeku terowongan mekanis semacam itu dikenal sebagai pushthrough terowongan atau *freezer* pembawa yang memiliki dua tingkatan, satu di atas yang lain. *Freezer* ini dirancang terutama untuk barang-barang yang

dikemas, serta bangkai. Keuntungan *freezer* mekanis dibandingkan *batch freezer* meliputi: peningkatan sirkulasi udara di atas produk seperti bergerak dengan kecepatan tetap melalui terowongan; biaya tenaga kerja sangat menurun karena palet tidak secara manual ditempatkan di dalam *freezer*; dan ada tambahan fleksibilitas dari fasilitas dengan memvariasikan waktu pembekuan dengan kecepatan ram. Koefisien perpindahan panas dalam *freezer* mekanis mirip dengan *freezer batch* yang kurang dari 50 W/mK.

***Belt freezer***: produk dimuat secara terus menerus pada ban berjalan. *Belt freezer* modern biasanya menggunakan aliran udara vertikal untuk memaksa udara di antara item produk dan menciptakan kontak yang baik dengan produk. Biasanya, koefisien transfer panas *belt freezer* bervariasi antara 25 dan 80 W/m<sup>22</sup>

***Belt multi freezer*** : Menawarkan keuntungan dari ruang lantai yang lebih kecil dibandingkan dengan *belt freezer* tunggal.

Beberapa bentuk *Belt freezer*:

***Belt freezer multitier*** : terdiri dari beberapa sistem konveyor diposisikan satu di atas yang lain dengan kipas dan gulungan diposisikan di atas belt atas. Aliran udara di *belt freezer* bisa vertikal atau horizontal di atas produk. Aliran yang paling efisien ditentukan oleh karakteristik produk, dimensi, dikemas atau dibongkar, serta tingkat pemrosesan dan komposisi.

***Belt freezer spiral***: di mana *belt* digulung menjadi banyak revolusi di sekitar satu sumbu pusat vertikal untuk mengoptimalkan penggunaan ruang lantai. *Belt* dapat menumpuk 30 tingkatan atau lebih, satu di atas yang lain sehingga mengurangi ruang lantai menjadi minimal. Pembekuan spiral adalah salah satu

metode yang yang terbaru digunakan dalam industri pembekuan untuk kebutuhan besar produksi karena kenyamanannya, pengurangan lantai ruang, fleksibilitas dan efisiensi

*Fluidized bed freezers* digunakan untuk membekukan partikulat makanan ukuran dan bentuk seragam seperti kacang polong, jagung potong, wortel potong dadu, dan stroberi. Makanan ditempatkan di sabuk jala konveyor bergerak melalui zona beku di mana udara dingin diarahkan ke atas melalui sabuk jala dan partikel makanan mulai jatuh dan mengapung. Hal tersebut memperlihatkan semua sisi makanan ke udara dingin, sehingga produk secara individual cepat beku (IQF). Biasanya, koefisien perpindahan panas berkisar dari 110 sampai 160 W/m<sup>2</sup>K.

*Jet Freezer* adalah *belt freezer* lurus yang melibatkan hanya satu langkah di mana bagian atas, atau lebih umum, keduanya menghadap produk menerima udara berkecepatan sangat tinggi pada suhu rendah melalui nozel yang terdistribusi secara merata. Jet memecahkan lapisan batas stagnan yang mengelilingi produk, yang mengarah ke peningkatan yang cukup pada koefisien perpindahan panas, hingga 300 W/m<sup>2</sup>. Performanya sebanding dengan *Cryogenic freezer* dalam kaitannya dengan waktu dan berat pembekuan, tetapi pada banyak biaya yang lebih rendah (biasanya setengah harga).

### **Produk Blast Freezer**

Produk umum yang dibekukan dalam *blast freezer* termasuk tetapi tidak terbatas pada: Karkas daging, karton, potongan besar yang dibungkus satu per satu, makanan yang diproses, roti hamburger Unggas, burung utuh atau potongan, produk olahan atau dilapisi tepung roti, Ikan utuh atau isi perut, *fillet*

atau potongan dadu kecil, diproses atau produk tepung roti, kerang, udang, dan Buah, ukuran kecil (utuh), ukuran besar (irisan), Sayuran ukuran kecil dan sedang, berdaun, dan Lain-lain. Keju dan mentega, adonan, roti dan produk yang dipanggang, makanan siap saji yang dimasak sebelumnya.

Memilih metode pembekuan mana yang akan digunakan biasanya ditentukan oleh spesifikasi kualitas, ekonomi dan ketersediaan. Setiap makanan produk memiliki karakteristik yang unik yang menentukan suhu pembekuan dan laju pembekuan yang sesuai. Makanan laut, seperti seperti udang, membutuhkan tingkat pembekuan yang lebih cepat daripada daging merah untuk mempertahankannya tekstur dan rasanya. Dengan demikian, udang cocok menggunakan IQF.

Metode *Quick Freezing* (IQF) seperti *fluidized bed freezers*. Daging merah bagaimanapun, tidak memerlukan metode pembekuan IQF untuk mempertahankannya kualitas dan dapat dibekukan secara memadai dalam *Tunnel Freezer*.

### **Pengemasan beku**

Merupakan praktik umum untuk membekukan produk daging atau ikan di dalam kemasan saat transportasi. Pengemasan penting dalam *Air blast Freezer*, kemasan harus didesain untuk mencegah dehidrasi, *freezer burn* dan kepatuhan dengan pembekuan dan oksidasi. Kerugian kemasan adalah penurunan transfer panas dan karenanya peningkatan waktu pembekuan karena sifat isolasi dari bahan kemasan dan kelebihan tertutup udara. Tahap 1 atau tahapan awal pendinginan yang masuk akal dari suhu produk saluran masuk (biasanya dingin) hingga beku, tahap 2 panas laten diekstraksi selama kristalisasi dan tahap 3 pendinginan dari suhu beku ke suhu penyimpanan yang diinginkan. Pengemas pangan harus menjalankan tiga fungsi: i) Mengontrol



kondisi lingkungan setempat untuk meningkatkan masa penyimpanan. Ini biasanya dipenuhi oleh lapisan kemasan yang paling dekat dengan makanan. Contohnya termasuk film plastik bersegel dan kaleng berlapis timah. ii) Tampilan produk dengan cara yang menarik bagi pembeli potensial. iii) Lindungi produk selama penanganan dan transit. *Corrugated fiber box* biasa digunakan karena merupakan isolator yang sangat bagus. Untuk mengurangi waktu pembekuan, karton harus menggunakan lapisan karton tunggal dengan koefisien perpindahan panas yang tinggi di bagian atas dan bawah karena ini adalah tempat luas permukaan terbesar.

### **Operasi dan desain *Air Blast Freezer***

*Freeblast freezer* udara dirancang untuk memasok udara dingin ke atas produk makanan dengan kecepatan udara yang seragam di seluruh *freezer*. Sebagian besar masalah pengoperasian terkait dengan pemosisian palet atau gerobak yang tidak tepat di dalam *freezer*. Oleh karena itu, sangat penting palet dan produk ditumpuk sedemikian rupa sehingga udara bebas masuk pindah ke seluruh produk. Metode penumpukan harus diaktifkan udara dingin bersirkulasi di antara baki atau kotak tanpa hambatan. Untuk pembekuan karton, spacer hingga 70 mm harus diterapkan memungkinkan kecepatan udara yang cukup antara karton. Rekomendasi ruang udara sama dengan sekitar 50% dari ketebalan produk. Suhu udara setidaknya harus 35°C, dan dalam beberapa kasus 45°C. Ini setara dengan penguapan suhu refrigerant masing-masing dari 42°C dan 52 °C.

**Tabel 3.7.** Tipe freezer dan spesifikasinya

Tipe Freezer	Produk	Air Velocity	H.T. Ca W/m <sup>2</sup>	Kapasitas	Keuntungan	Kerugian
Batch tunnel	Berguna untuk semua makanan tetapi lebih baik untuk barang curah, terutama bangkai	1.5-6 m/s Rata-rata : 4 m/s	H<50	1-80 tonnes	i) Biaya modal rendah ii) Serbaguna, dapat menampung berbagai geometri produk	i) Waktu pembekuan yang lama ii) H.T.C. yang relatif rendah
Continuous tunnel	Berguna untuk semua makanan tetapi lebih baik untuk item massal. Terutama cocok untuk produk yang dikemas karena higienis masalah	1,5-6 m/s Rata-rata =4 m/s	H<50	1000-20000 kg/hr	i) Pengurangan waktu henti karena freezer tidak dihentikan memuat/membongkar ii) Fleksibel dengan waktu pembekuan	i) Membutuhkan ruang tambahan ii) Mengurangi kapasitas pembekuan karena embun beku pada evaporator
Spiral	cocok untuk sebagian besar makanan, dikemas atau	3-8m/s	H=25-80	500-6000kg/hari	i) Kompak ii) Mampu melakukan IQF iii)	i) Lebih mahal daripada terowongan freezer ii) Masalah kebersihan

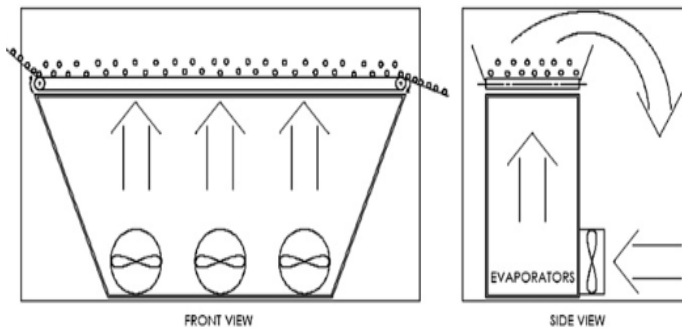
	tidak dikemas mis. unggas, daging merah, laut, produk roti				Efisiensi lebih tinggi daripada terowongan	
Fluidised bed	Produk kecil IQF, .5e5cm diameter, mis. kacang polong, kentang goreng, udang, kerang, daging potong dadu, daging bola	<30 m/s	H=1 10-160	100-20000 kg/hr	i) Waktu pembekuan yang sangat cepat, sebanding dengan cryogenic saja lebih murah ii) Efisiensi tinggi	i) Hanya cocok untuk kecil produk yang cukup seragam bentuk dan ukuran
Impingement	IQF. Roti daging, fillet ikan, udang, kentang goreng. Produk ketebalan biasanya 0e25 mm 1	10-100 m/s, rata-rata= 40 m/s	H=2 250-350	Tergantung aplikasi, bisa mencapai 100kg/hr	i)Menguangi hilangnya kelembaban ii) Waktu pembekuan yang sangat cepat, mirip dengan kriogenik	i) Hanya cocok untuk produk dengan ketebalan kecil

Ada beberapa kecepatan udara optimum yang digunakan untuk *Thunnel blast freezer* dalam literatur, tergantung pada khususnya produk yang dibekukan; namun, nilai yang diterima secara umum adalah 4 m/s. Meskipun peningkatan kecepatan udara akan meningkatkan koefisien transfer panas permukaan, itu tidak serta merta mengurangi waktu pendinginan karena beban panas yang meningkat dari kipas karena daya kipas,  $WfV$ . Peningkatan daya kipas ini biasanya dapat meningkatkan biaya pengoperasian sehingga peningkatan kecepatan kipas menjadi tidak ekonomis jika dibandingkan ke kecepatan yang lebih lambat. Selanjutnya meningkatkan kecepatan udara di atas 5 m/s hanya sedikit meningkatkan tingkat pembekuan. Hal ini karena sebagian melalui siklus pembekuan ketika lapisan permukaan membeku, laju perpindahan panas semakin dikendalikan oleh resistansi konduksi internal, yaitu nomor Biot menjadi besar. Saat mengukur evaporator untuk *tunnel blast freezers*, faktor penumpukan embun beku harus dipertimbangkan dengan jarak sirip tidak lebih dari 4 sirip per inci. Ketika pendingin udara dipasang di atas langit-langit, deflektor udara dengan jarak logaritmik dapat dipasang untuk membantu membelokkan udara melalui 90 putaran dan membantu mendistribusikan seragam aliran udara di atas produk. Desain *freezer spiral* modern menghilangkan semua jenis struktur dan setiap tingkat didukung langsung pada tingkat sebelumnya satu (*belt susun*). Suhu udara yang didinginkan adalah di bawah 30°C, umumnya lebih dekat ke 40°C, dengan kecepatan sirkulasi mulai dari 3 sampai 8 m/s. Dalam desain sederhana arah aliran udara relatif terhadap *belt* bisa horizontal, paralel atau vertical (baik ke atas maupun ke bawah). Perbaikan desain lebih lanjut menerapkan penggunaan *baffle* dan pembagi aliran dapat menyediakan udara mengalir secara vertikal ke atas melalui bagian bawah tumpukan dan ke bawah melalui bagian atas (aliran ganda terkontrol). Hal ini untuk menyeimbangkan perpindahan panas di kedua

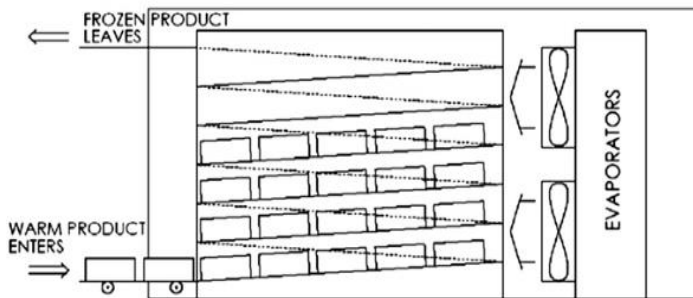
sisi makanan, dan sedikit mengurangi waktu pembekuan dan penurunan berat. Keadaan perkembangan saat ini difokuskan pada *freezer blast*, sistem udara ganda dan meningkatkan udara distribusi aliran di *seluruh freezer blast* dengan bantuan dinamika fluida komputasi (CFD). Berbagai penelitian dengan Aplikasi CFD untuk *air blast freezer* telah dilakukan di literatur terbuka. CFD memberikan informasi terperinci dan tepat waktu dan ruang medan aliran, suhu, kelembaban distribusi, gaya geser dan fluks panas. Lebih-lebih lagi, visualisasi komputer memberikan wawasan langsung dalam proses, yang memungkinkan interpretasi cepat dari setiap kemungkinan masalah. Akhirnya, prosedur berbasis model memungkinkan banyak evaluasi bagaimana jika skenario dengan sedikit biaya dibandingkan dengan proses *prototyping*.

**Tabel 3.8.** Komponen mesin *Air Blast Freezer*

Komponen utama Mesin ABF	
Kompresor	Evaporator
Kondensor	Motor Listrik
Receiver	Katup Ekspansi
Komponen Pembantu Mesin ABF	
Oil Separator	Dehydrator/Filter Dryer
Solenoid Valve	Indicator
Komponen Kontrol Mesin ABF	
Manometer	Thermometer
High Pressure Control (HPC)	Low Pressure Control (LPC)
Oil Pressure Control (OPC)	



**Gambar 3.10.** Skema freezer bed terfluidisasi  
 Sumber: Dempsey & Bansal (2012)



**Gambar 3.11.** Skema freezer belt spiral  
 Sumber: Dempsey & Bansal (2012)

d) Pengontrolan aktivitas air ( $A_w$ )

Meskipun pembekuan adalah cara terbaik untuk menghambat pertumbuhan mikroba (kecuali *psychrophiles* dan spora) dan perubahan kimia yang lambat dengan demikian dapat mengawetkan ikan untuk waktu yang lama, pembekuan hanya dapat digunakan sebagai metode pengawetan sementara. Sebagian besar *psychrophiles* dan spora bertahan selama pembekuan dan tumbuh selama pencairan. Pembekuan tidak mencegah pembusukan oksidatif karena pembusukan enzimatik berlanjut pada tingkat yang lebih lambat (Neumeyer *et al.*, 1997). Pembusukan ikan dapat dicegah dengan mengontrol

aktivitas air. Untuk pertumbuhan setiap mikroorganisme ada aktivitas air minimum, optimum dan maksimum sama seperti pH dan suhu. Oleh karena itu, menurunkan aktivitas air (aw) dapat meminimalkan pembusukan dan meningkatkan daya awet ikan (Abbas *et al.*, 2009). Istilah aktivitas air (aw) mengacu pada molekul air yang tidak terikat pada makanan dan dapat mendukung pertumbuhan bakteri, khamir dan kapang (jamur). Aktivitas air (aw) mewakili rasio tekanan uap air dari makanan dengan tekanan uap air air murni di bawah kondisi yang sama dan dinyatakan sebagai pecahan (CSIRO, 2005). Pengendalian aktivitas air pada ikan dilakukan dengan pengeringan, penambahan bahan kimia, atau kombinasi kedua metode tersebut. Gula dan natrium klorida telah digunakan untuk mengikat molekul air bebas dan menciptakan ketidakseimbangan osmotik yang mengakibatkan penghambatan pertumbuhan sel (Ray, 2004).

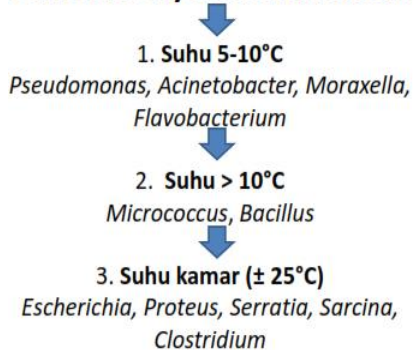
Sperber (1983) melaporkan bahwa nilai minimum dari aw yang dibutuhkan untuk pertumbuhan bakteri berkisar antara 0,99 , untuk Organisme tipe *Moraxella/Acinetobacter* menjadi 0,86 untuk *Staphylococcus aureus*. Sejak saat itu, teknologi muncul berdasarkan aplikasi dari faktor pengawet gabungan untuk mencegah pertumbuhan mikroba dan meningkatkan umur simpan (Leistner dan Gorris, 1995). Hal yang perlu diperhatikan dalam pengawetan makanan adalah: suhu (tinggi atau rendah), aktivitas air (aw), keasaman (pH), potensial redoks (Eh), pengawet (nitrit, sorbat, sulfit) dan mikroorganisme kompetitif seperti asam laktat bakteri (Leistner, 2000). Chirife (1994) melaporkan bahwa efek penghambatan sukrosa dan natrium klorida pada *Staphylococcus aureus* terutama terkait dengan aktivitas air yang lebih rendah. Tabel 2.9 membandingkan aktivitas air minimal untuk pertumbuhan berbagai bakteri patogen menggunakan natrium klorida atau gliserin. Dalam semua kasus natrium klorida lebih menghambat dibanding gliserol. Ballesteros *et al.* (1993)

melaporkan bahwa aktivitas air minimal untuk pertumbuhan *Staphylococcus aureus* dengan berbagai zat terlarut berkisar antara 0,86-0,975 ditunjukkan pada Tabel 3.9

**Tabel 3.9.** Aw minimal pertumbuhan *S.aureus* pada variasi pelarut (Ballesteros *et al.*,1993)

Larutan	Minimal Aw
Ethanol	0,975
Propylene glycol	0,965
Gliserol	0,890
Sucrose	0,870
NaCl	0,860

### Bakteri Penyebab Kerusakan



**Gambar 3.12.** Bakteri penyebab kerusakan  
Sumber: Sumartini (2020)

Laju pertumbuhan semua makhluk hidup sangat bergantung pada reaksi biokimia, dan tentu saja reaksi tersebut dipengaruhi oleh suhu. Karena bakteri juga merupakan makhluk hidup, suhu juga mempengaruhi pertumbuhan bakteri. Suhu optimum yang diinginkan untuk pertumbuhan bakteri bervariasi. Suhu optimum ini merupakan yang terbaik atau cocok untuk kehidupan jenis bakteri



tertentu. Menurut suhu optimumnya, bakteri dibedakan menjadi empat jenis, yaitu sebagai berikut. Pertumbuhan bakteri dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain suhu dan sumber karbon. Bakteri psikofilik hidup pada suhu 0-20°C. Bakteri psikotrofik dapat tumbuh pada suhu 0-35 derajat. Bakteri mesofilik dapat tumbuh pada suhu 20-45 °C dan bakteri termofilik pada suhu 45-65 °C.

#### **a) Bakteri Psikofil**

Bakteri psikofilik merupakan bakteri yang hidup dan tumbuh pada suhu rendah yaitu 0-30°C dengan suhu optimal 15°C. Bakteri ini ditemukan di dasar laut, di daerah kutub, dan juga pada makanan yang didinginkan. Pertumbuhan bakteri psikofilik dalam pangan menyebabkan penurunan kualitas pangan dan/atau pembusukan. Contoh bakteri psikofilik adalah *Pseudomonas*, *Flavobacterium*, *Achromobacter* dan *Alcaligenes*.

#### **b) Bakteri Mesofil**

Bakteri mesofil dapat tumbuh pada suhu antara 25 dan 37 °C, dengan suhu optimal 32 °C. Pada umumnya bakteri jenis ini hidup di tanah, air dan juga di dalam tubuh hewan vertebrata terutama pada organ pencernaannya. Beberapa jenis bakteri dapat bertahan hidup dengan baik pada suhu hingga sekitar 40°C. Semua jenis bakteri yang bersifat patogen terhadap hewan dan manusia adalah bakteri mesofilik. Contoh bakteri jenis ini adalah *Listeria monocytogenes*, *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli*.

#### **c) Bakteri Termofil**

Bakteri mesofil dapat tumbuh pada suhu antara 25 dan 37 °C, dengan suhu optimal 32 °C. Pada umumnya bakteri jenis ini hidup di tanah, air dan

juga di dalam tubuh hewan vertebrata terutama pada organ pencernaannya. Beberapa jenis bakteri dapat bertahan hidup dengan baik pada suhu hingga sekitar 40°C. Semua jenis bakteri yang bersifat patogen terhadap hewan dan manusia adalah bakteri mesofilik. Contoh bakteri jenis ini adalah *Listeria monocytogenes*, *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli*.

#### d) Bakteri Hipertermofil

Bakteri hipertermofilik dapat hidup dan tumbuh pada suhu ekstrim yaitu 65 °C hingga 114 °C, dengan suhu optimal 88 °C seperti pada sumber air panas atau kawah gunung berapi. Bakteri termofilik dan hipertermofilik saat ini banyak diminati oleh para ahli bioteknologi karena kemampuannya menghasilkan enzim penting yang digunakan dalam industri makanan dan farmasi. Contoh bakteri hipertermofilik antara lain kelompok bakteri Crenarchaeota seperti *Thermococcus.gammatoleran*.



#### Ciri-Ciri Spesifik



→ Ikan bau lumpur / rasa lumpur *Streptomyces*

→ Warna ikan kuning kehijauan *Pseudomonas fluorescens*

→ Warna ikan kuning *Micrococcus*

→ Warna ikan merah/pink *Sarcina*, *Micrococcus*, *Bacillus*, Kapang, Khamir

→ Warna ikan coklat khamir *sporogenous*

**Gambar 3.13.**Ciri-ciri spesifik produk perikanan yang mengalami kerusakan  
Sumber: Sumartini (2020)

1. Jumlah lendir pada permukaan kulit bertambah, terutama pada insang dan sirip
2. Warnanya memudar

3. Mata berkontraksi dan tenggelam, pupil menjadi keruh, kornea menjadi buram
4. Warna ujungnya memudar, berubah dari merah menjadi merah jambu hingga kuning keabu-abuan
5. Otot menjadi lunak ketika ditekan dan dirusak
6. Dagingnya menjadi lembek
7. Perubahan bau/aroma.

Bau lumpur yang terdapat pada daging ikan disebut juga off-taste disebabkan oleh kondisi perairan yang sangat subur yang digunakan untuk bercocok tanam. Dua senyawa kimia penyebab utama bau lumpur ikan adalah geosmin dan 2-methylisoborneol (MIB). Bakteri ini banyak ditemukan di lingkungan seperti tanah, air dan tumbuhan. Pada orang sehat, tingkat keparahan infeksi biasanya ringan. Salah satu sumber utama bakteri pembusuk pada ikan adalah insang. Menurut Pariansyah dkk. (2018) insang merupakan bagian yang paling banyak mengandung darah dan berguna untuk pertumbuhan bakteri pembusuk. *Pseudomonas aeruginosa* membentuk koloni bulat halus dengan warna neon kehijauan. Ikan merupakan bahan pangan yang sangat mudah rusak karena mengandung cukup banyak air dan protein. Pembusukan ikan disebabkan oleh rusaknya daging ikan akibat aktivitas enzimatik, perubahan biokimia dan pertumbuhan mikroorganisme (Connell, 1980; Pedroza-Menabrito dan Regenstein, 1990; Ashie et al., (1996). Bakteri mikrokokus berbentuk koloni bulat, berwarna kuning, bagian atas cembung, berstruktur butiran kasar dan berukuran 2-3 mm. Dua kelompok bakteri yang mampu bertahan dan merusak produk ikan asin adalah bakteri halofilik dan bakteri heterotolerans.

Pembusukan pada ikan asin dapat disebabkan oleh bakteri halofilik yang dapat mengubah tekstur dan tampilan daging ikan. Selain bakteri halofilik, kerusakan mikrobiologis pada ikan asin juga dapat disebabkan oleh jamur, khamir, dan berbagai serangga baik berupa larva maupun pupa. Beberapa kerusakan mikrobiologis yang umum ditemukan pada ikan asin adalah:

### **1. Pink Spoilage**

Kerusakan ini disebabkan oleh bakteri halofilik yang berkembang biak secara lambat dan membentuk pigmen berwarna kuning kemerahan. Bakteri ini dengan cepat menguraikan daging ikan dan menghasilkan bau busuk dan tengik. Akibatnya daging menjadi lunak dan berwarna abu-abu serta mudah lepas dari tulangnya. Jenis bakteri penyebab penyakit hawar merah muda yang paling umum adalah *Sarcina* sp, *Serratia*, *Salinaria* dan *Micrococci*.

### **2. Dun Spoilage**

Kerusakan ini dikarenakan semacam jamur yang hidup hanya pada permukaan daging ikan dan membentuk pigmen berwarna keabu-abuan. Gejala yang terjadi biasanya pada ikan asin yang mempunyai kadar air di bawah 17%.

### **3. Rust Spoilage**

Untuk mencegah ketengikan pada ikan asin, garam melepaskan senyawa karbonil. Ketika bereaksi dengan asam amino, menghasilkan senyawa berwarna abu-abu coklat dengan bau tengik yang khas

### **4. Saponifikasi**

Kerusakan ini disebabkan oleh aksi bakteri anaerobik yang menghasilkan lendir yang berbau sangat busuk. Kerusakan ini sangat berbahaya

bagi kesehatan manusia, karena tidak hanya tampak pada permukaan ikan saja, namun juga menyerang bagian dalam ikan. Bakteri yang biasanya menyebabkan saponifikasi adalah mikobakteri.

## **5. Taning**

Kerusakan ini disebabkan oleh sejenis bakteri pembusuk yang terjadi karena garam menembus daging ikan dengan sangat lambat atau tidak merata ke seluruh tubuh ikan. Ikan yang kecokelatan ditandai dengan adanya bintik atau bintik merah pada punggung ikan dan bau yang sangat tidak sedap.

## **6. Salt Burn**

Penyebab kerusakan ini adalah penggunaan garam halus yang berlebihan pada saat penggaraman. Ikan asin jika dijemur, bagian luarnya kering, namun bagian dalamnya tetap lembab. Penyebabnya adalah keluarnya air dari luar dengan sangat cepat sehingga menyebabkan sel-sel tubuh ikan menggumpal, dan akibatnya adalah terhambatnya difusi air dari dalam tubuh. Mikroba yang tumbuh pada ikan asin merupakan mikroba halotoleran. Dimana mikroba halotoleran merupakan mikroba yang toleran terhadap garam. Bakteri halotoleran dapat tumbuh pada ikan yang diasinkan dengan salinitas sedang. Pada awal berkembangnya mikroorganisme, kebersihan dan suhu selama penanganan dan penyimpanan berperan penting terhadap jumlah bakteri halotoleran pada produk ikan asin. Bakteri halotoleran merupakan mikroba pembusuk seperti *Bacillus* sp. dan *Micrococcus* sp serta patogen pembusuk seperti *Clostridium Botulinum*, *Staphylococcus Aureus* dan *Vibrio Parahemolyticus*. Jamur juga tidak menutup kemungkinan akan muncul pada produk ikan asin yang sudah jadi. Beberapa dari sekian banyak mikroorganisme berbahaya dapat dengan mudah dihilangkan hanya dengan mencuci. Namun, bakteri dan patogen pembusuk

harus dihilangkan dengan menambahkan senyawa kimia.

## Genera Bakteri

- Pada ikan Salmon dan ikan merah sering ditemukan Clostridium tertium dan Clostridium botulinum type E, sedangkan pada ikan mackerel sering dijumpai Clostridium capitovialis dan Clostridium perfringens.
- Bakteri Salmonella dan Shigella banyak hidup di air tawar dan selokan.
- Bakteri vibrio yang umum ditemukan pada ikan adalah Vibrio parahaemolyticus.
- Pada udang sering ditemukan bakteri dari golongan Achromobacter, Alcaligenes dan Pseudomonas. Seringkali pada ekor udang ditemukan Micrococcus dan Staphylococcus.



**Gambar 3.14.**Jenis-jenis bakteri penyebab kerusakan ikan  
Sumber : Sumartini(2020)

Penelitian yang telah dilakukan pada daging ikan salmon terdapat bakteri coliform atau yang sering disebut dengan bakteri Enterobacteriaceae antara lain terdiri dari bakteri *E.coli*, *Klebsiella sp.*, *Enterobacter sp.*, dan *Citrobacter sp.* Jenis-jenis bakteri yang ditemukan pada ikan dipengaruhi oleh asal ikan berada, keadaan, dan sanitasi penangkapan. Jenis-jenis bakteri pada ikan, yaitu sebagai berikut :

**Bakteri Psikrofil**, yaitu jenis bakteri yang banyak dijumpai pada ikan yang hidup di perairan dengan suhu rendah seperti ikan gurami yang mengandung bakteri Psikrofil (Bakteri rentan suhu dingin) , seperti pada golongan *Pseudomonas*, *Aerobacter*, *Flavobacterium*, dan *Cytophaga*. *Pseudomonas sp.* adalah salah satu jenis bakteri patogen oportunistik. *Pseudomonas sp.* ditemukan pada ginjal ikan, termasuk bakteri Gramnegative dan digolongkan ke dalam kelompok bakteri perusak sirip( *bacterial fin rot* ).

**Bakteri Mesofil**, yaitu bakteri yang bisa dijumpai pada ikan yang berasal dari daerah tropis seperti ikan karang contohnya kakap dan kerapu banyak mengandung bakteri mesofil golongan *Micrococcus*.

**Bakteri *Aeromonas***, yaitu bakteri yang sering menyerang ikan air tawar seperti ikan mas, nila dan lele. Contoh spesies bakteri adalah *Aeromonas hydrophila*. Menurut Hard (2018), *Aeromonas hydrophila* merupakan bakteri patogen yang menyebabkan kematian dan tumbuh subur di pembuluh darah, sehingga gejala yang muncul berkaitan dengan pendarahan dan pembengkakan, seperti bisul dan bisul.

**Bakteri *Salmonella***, yaitu bakteri yang bersifat patogen atau menyebabkan penyakit, *Salmonella* yang dapat dijumpai pada ikan bandeng, ikan layang, dan lainnya. Menurut Ihsan (2021), bakteri *Salmonella* dapat menyebabkan penyakit bagi manusia maupun hewan budidaya. Jika Terjangkit dan terinfeksi bakteri *Salmonella* pada manusia dapat menimbulkan penyakit seperti tifus dan demam tinggi dengan efek muntah-muntah.

**Bakteri *Clostridium***, yaitu spesies *Clostridium tertium* dan *Clostridium botulinum type E* yang banyak ditemukan pada ikan salmon dan ikan berdaging merah. Sedangkan pada ikan mackerel dijumpai bakteri *Clostridium capitovialis* dan *Clostridium perfringens*.

### **Bakteri pada udang**

Udang merupakan salah satu hasil laut yang juga rentan terkontaminasi oleh bakteri. Berikut bakteri yang terdapat pada Udang :

**Bakteri** *Vibrio vulnificus*, yaitu bakteri yang menyebabkan penyakit padahepatopancreas pada udang. Menurut Sugianto *et al.* (2017), *Vibriovulnificus* adalah bakteri Gram-negatif halofilik yang secara alami hidup didaerah estuari yang menyebabkan sebagian besar kasus kematian organismlaut salah satunya udang.

**Bakteri** *Vibrio parahaemolyticus* adalah salah satu jenis bakteri yang dapat menyebabkan penyakit *White Feces Diseases* (WFD) dengan gejalanya yaitu adanya kotoran atau berak putih dari udang. Kotoran tersebut adalah kumpulan jaringan penceranaan udang yang rusak. Menurut Sugianto *et al.* (2017), *Vibrio parahaemolyticus* adalah bakteri gram negatif dan halofilik yang ada secaraalami di lingkungan laut dan seringkali terisolasi dari makanan laut.

**Bakteri** *Bacillus*, yaitu bakteri yang tedapat pada usus udang yang memiliki kemampuan sebagai probiotik yang dapat mencegah dan mengatasi udang yang terserang atau terjangkit beberapa penyakit dari bakteri *Vibrio*. Berdasarkan pernyataan Istiqomah *et al.* (2018), *Bacillus* memiliki kemampuan probiotik untuk memperbaiki proses pencernaan udang diantaranya berkaitan dengan kemampuan produksi enzim amilase, protease, lipase, dan selulase.



## Genera Bakteri

- *Achromobacter* dan *Pseudomonas* merupakan bakteri pembusuk pada udang.
- Kedua bakteri tersebut tergolong Psikropil.
- Bakteri lain yang dapat membusukkan udang adalah *Aerobacter*, *Bacillus*, *Plavobacterium*, *Lactobacillus*, *Micro-coccus*, *Sarcina* dan *Staphylococcus*.
- Pada kerang-kerangan banyak mengandung *Alcaligenes* dan *Flavobacterium*.
- Kepiting dan Lobster banyak mengandung *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Flavobacterium*, *Alcaligenes* dan *Proteus*



**Gambar 3.15.** Jenis-jenis bakteri penyebab kerusakan udang dan kerrang-kerangan

Sumber : Sumartini (2020)

Berdasarkan hasil identifikasi, bakteri yang terdapat pada kepiting bakau *S.serrata* yaitu jenis *Aeromonas hydrophila*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Stenotrophomonas maltophilia*, dan *Pseudomonas putida*.



- Bakteri penyebab kerusakan di suatu daerah mungkin juga berbeda dengan daerah lainnya.
- Secara umum bakteri gram negatif dari golongan *Pseudomonas* dan *Acromobacter* yang dapat menghasilkan asam dan aldehid adalah yang memegang peranan terbesar pada pembusukan hasil perikanan, disusul oleh golongan *Plavobacterium*.

**Gambar 3.16.**Bakteri gram negative penyebab kerusakan Ikan  
Sumber: Sumartini (2020)

## Genera Bakteri

- Ikan-ikan **air tawar** kebanyakan mengandung *Aeromonas*, *Lactobacillus*, *Brevibacterium*, *Alcaligenes* dan *Streptococcus*.
- Ikan-ikan yang **berlendir** pada permukaan tubuhnya banyak terdapat bakteri dari jenis *Pseudomonas*, *Alcaligenes*, *Microbacterium*, *Corynebacterium*, *Sarcina*, *Serratia*, *Vibrio* dan *Bacillus*.
- Bakteri yang menyebabkan **penyakit (patogen)** juga sering dijumpai pada ikan, seperti *Clostridium*, *Salmonella*, *Shigella* dan *Vibrio*. Jenis *Clostridium* yang paling dominan yang ditemukan adalah *Clostridium srogonense*, *C. welchii* dan *C. tetani*.



**Gambar 3.17.** Bakteri penyebab kerusakan pada Ikan  
Sumber: Sumartini (2020)

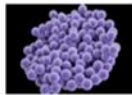
### Kontaminan Ikan Olahan

→ Ikan Asin bakteri halofilik (*Micrococcus*, dll)

→ Ikan Asap kapang

→ Kerang-kerangan *Acinetobacter*, *Moraxella*, *Vibrio*

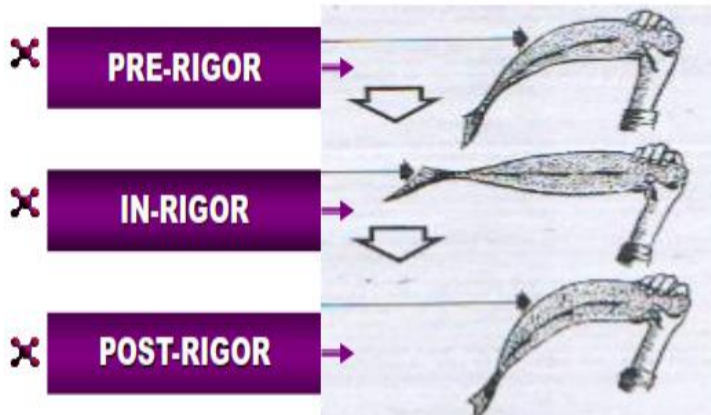
→ Tiram *Pseudomonas*, *Acinetobacter*, dll



**Gambar 3.18.** Bakteri penyebab kerusakan pada olahan Ikan  
Sumber: Sumartini (2020)

Kerusakan bakteri pada ikan olahan disebabkan oleh bakteri halofilik yang berkembang biak secara lambat dan membentuk pigmen berwarna kuning kemerahan. Bakteri ini dengan cepat memecah daging ikan dan menghasilkan bau busuk dan tengik. Akibatnya daging menjadi lunak dan berwarna abu-abu serta mudah lepas dari tulangnya. Jenis bakteri penyebab penyakit hawar merah

muda yang paling umum adalah *Sarcina* sp, *Serratia*, *Salinaria* dan *Micrococci*.



**Gambar 3.19.** Ilustrasi terjadinya pre-rigor, rigor, dan post rigor  
Sumber: Sumartini (2020)

Setelah ditangkap atau dipanen, ikan mengalami serangkaian proses transformasi yang menyebabkan penurunan kualitas. Proses transformasi ikan dapat dibagi menjadi tiga tahap, yaitu:

(a) Fase pendahuluan

Kekakuan sidat merupakan tahap dimana kualitas dan kesegaran ikan masih sama seperti saat masih hidup.

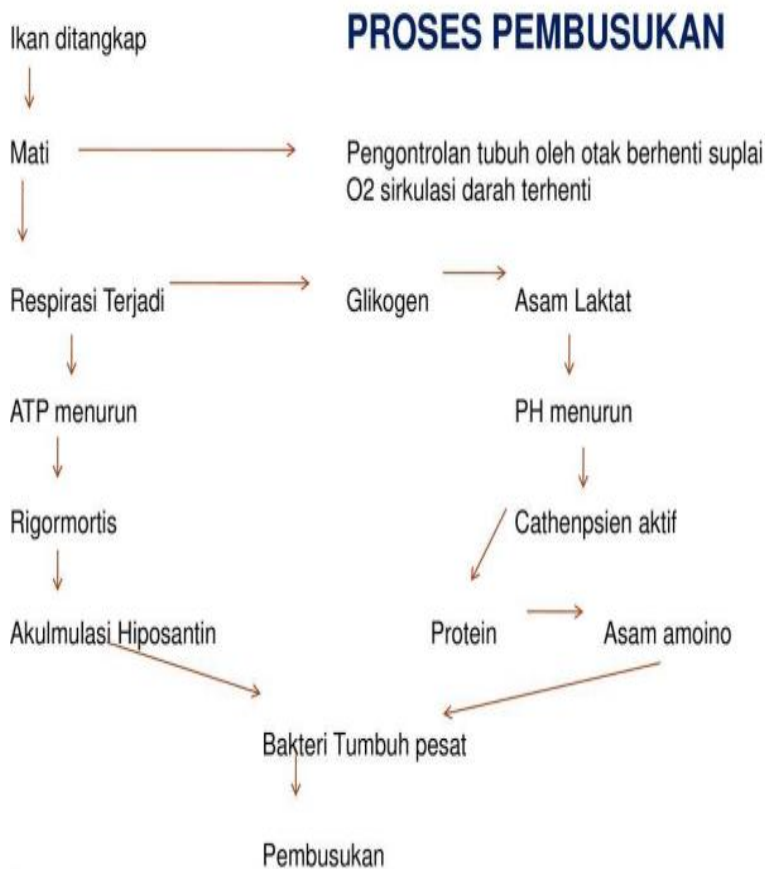
b) Tahap rigor mortis

Rigor mortis merupakan tahapan dimana kesegaran dan kualitas ikan sama seperti saat masih hidup, namun kondisi tubuh lama kelamaan menjadi kaku. Sampai tahap rigor mortis ikan dapat dikatakan masih segar. Menurut Sanger (2010), rigor mortis disebabkan oleh kurangnya oksigen dalam jaringan peredaran darah ketika jantung berhenti bekerja dan mengendalikan otak.

Akibatnya reaksi glikogenolisis yang dapat menghasilkan ATP sebagai sumber energi tidak terjadi di dalam tubuh ikan.

c) *Postmortem (postmortem)*

Pada fase postmortem, proses penguraian daging ikan sudah dimulai. Mutu produk ikan dipengaruhi oleh tiga faktor yaitu kerusakan fisik, mikrobiologi dan kimia. Tergantung pada spesiesnya, pola pembusukan selanjutnya dipengaruhi oleh kombinasi interaksi kimia, biokimia, dan mikrobiologis serta banyak faktor eksternal lainnya seperti kondisi penanganan dan penyimpanan yang berbeda. Perubahan postmortem pada ikan pada awalnya didominasi oleh aktivitas autolitik, meliputi degradasi nukleotida, pembentukan inosin dan akumulasi hipoksantin (HX), penurunan pH dan munculnya aktivitas enzim endogen, yang diikuti dengan peningkatan organisme pembusuk tertentu (SSO). pengembangan senyawa volatil yang mendorong perubahan pembusukan, mempengaruhi kesegaran dan kualitas produk akhir. Menurut Dergal dkk. (2013), umur simpan ikan segar biasanya dibatasi oleh aktivitas mikrobiologi atau aktivitas enzimatis berupa degradasi TMAO. SSO memanfaatkan ketersediaan TMAO melalui proses anaerobik dan menghasilkan bau tidak sedap setelah pembentukan TMA. Konversi lebih lanjut dan degradasi protein sarkoplasma dan fosfolipid membran oleh aktivitas enzim endogen, autoksidasi dan pertumbuhan mikroba berkontribusi terhadap perubahan aroma ikan selama penyimpanan. Karena pertumbuhan dan metabolisme mikroba, komponen pengurai dan penghasil rasa, termasuk zat yang larut dalam otot, terutama terdiri dari berbagai komponen nitrogen non-protein (NPN), termasuk senyawa peptida seperti karnosin dan anserin, asam amino, senyawa guanidin seperti kreatin, TMAO, dan nukleotida.



**Gambar 3.20.** Tahapan proses pembusukan Ikan  
Sumber: Sumartini (2020)

### Tahapan penguraian ikan

**Hiperemia:** Keluarnya lendir dari kelenjar kulit sehingga membentuk lapisan bening tebal di sekeliling tubuh ikan. Rigor mortis : pengerasan tubuh ikan setelah mati (rigor = kaku; mortis = mati; rigor mortis = keadaan kaku setelah mati). Hal ini disebabkan adanya kontraksi otot akibat reaksi kimia yang disebabkan oleh enzim.

**Autolisis :** Relaksasi tubuh ikan setelah mengalami kekakuan. Otot menjadi lunak seiring dengan peningkatan aktivitas enzim. Penguraian daging ikan yang disebabkan oleh enzim menghasilkan suatu bahan yang merupakan media pertumbuhan yang baik bagi pertumbuhan bakteri. Bakteri tersebut mulai merusak ikan dengan mengurangi protein dalam daging.

**Penguraian bakteri:** Pada tahap ini, bakteri hadir dalam jumlah yang sangat besar karena besarnya pertumbuhan bakteri yang terjadi pada tahap sebelumnya. Aktivitas bakteri dimulai hampir bersamaan dengan fase autolisis dan kemudian berlanjut secara paralel. Bakteri lebih berbahaya bagi ikan dibandingkan kerusakan yang disebabkan oleh enzim.

Autolisis merupakan proses mencerna sendiri jaringan oleh enzim-enzim yang dihasilkan oleh organ/jaringan tersebut setelah kematian sel untuk penyusunan jaringan tersebut.

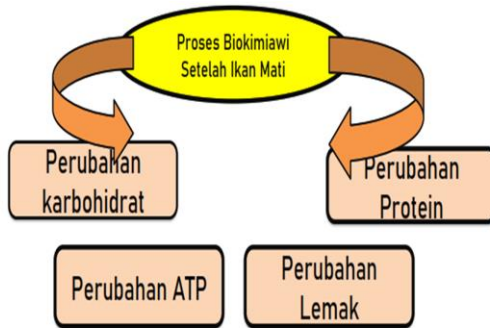
Penguraian komponen pada ikan menyebabkan terjadi perubahan fisik pada ikan. Perubahan fisik yang terjadi pada ikan selama penyimpanan adalah daging ikan yang menjadi lunak karena penguraian komponen penyusun jaringan berupa protein. Penguraian komponen penyusun dapat disebabkan oleh autolysis pada ikan. Reaksi autolisis tersebut disebabkan oleh penurunan pH pada ikan yang terjadi akibat penguraian glikogen menjadi asam laktat. Perubahan tersebut pada awalnya menyebabkan terbentuknya aktimiosin yang menyebabkan tekstur menjadi kaku namun, akibat terdapatnya penguraian protein akibat aktifnya enzim proteolitik dan aktivitas mikroorganisme menyebabkan daya ikat terhadap semakin rendah dan tekstur menjadi semakin lunak (Nugraheni, 2013).

Sifat fisik lainnya yang mengalami perubahan selama penyimpanan pada ikan adalah warna ikan. Mioglobin dan hemoglobin merupakan pigmen pada ikan yang memiliki peranan dalam membentuk warna merah pada ikan. Waktu penyimpanan yang semakin lama dapat menyebabkan warna ikan mengalami perubahan dari merah coklat cerah menjadi warna coklat, abu-abu maupun kehijauan. Perubahan warna menjadi coklat dan abu-abu pada ikan dapat disebabkan oleh oksidasi yang menyebabkan perubahan mioglobin dan hemoglobin menjadi metmioglobin dan methemoglobin. Warna kehijauan dapat disebabkan oleh terjadinya transformasi kromoprotein (hemoglobin dan methemoglobin) menjadi kholeglobin atau verdohome (Muchtadi *et al.*, 2010 dan Nugraheni, 2013) Mekanisme secara biokimia pada ikan dapat dilihat pada Gambar 2.24

Aktifnya enzim protease berupa katepsin pada ikan menyebabkan terjadinya autolisis sehingga terjadi penguraian protein pada ikan. Penguraian pada komponen ikan menyebabkan bakteri dapat tumbuh akibat terdapatnya substrat. Rendahnya substrat yang terdapat pada ikan menyebabkan bakteri memproduksi enzim untuk mempercepat proses autolisis pada daging. Semakin tinggi penguraian maka jumlah mikroorganisme yang tumbuh semakin tinggi pula (Nugraheni, 2013). Protein pada ikan akan dirombak menjadi peptida dan asam amino dan dirombak kembali menjadi senyawa volatil yang bersifat basa.

Selain perombakan protein oleh enzim protease, terdapat perombakan lemak yang terjadi pada ikan yang disebabkan oleh terdapatnya enzim lipase dan oksidasi lemak. Lemak menjadi salah satu komponen yang terdapat pada ikan, terjadinya proses oksidasi lemak menyebabkan terjadinya penguraian lemak menjadi asam lemak dan gliserol. Selanjutnya, dengan adanya oksigen lemak tersebut kembali dirombak menjadi hidrogen peroksidase yang sifatnya reaktif. Senyawa tersebut kemudian akan kembali dirombak menjadi senyawa

aldehid dan keton. Kedua senyawa tersebut dapat bereaksi dengan asam amino dan menyebabkan terbentuknya protein karbonil (Rustad, et al., 2012 dan Viljanen, 2005). Perombakan lemak menjadi salah satu penyebab perubahan aroma pada ikan (Afrianti, 2010).



**Gambar 3. 21.** Proses biokimiawi setelah ikan mati  
Sumber: Sumartini (2020)

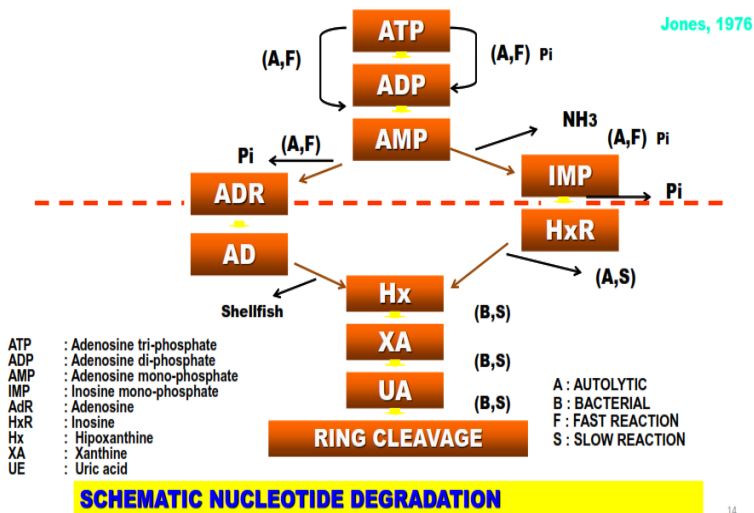
Secara umum kerusakan ikan dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

Kerusakan – kerusakan biologis; disebabkan oleh bakteri, jamur, ragi dan serangga.

Kerusakan - kerusakan enzim; ketengikan yang disebabkan oleh reaksi kimia (oksigen) seperti oksidasi lemak.

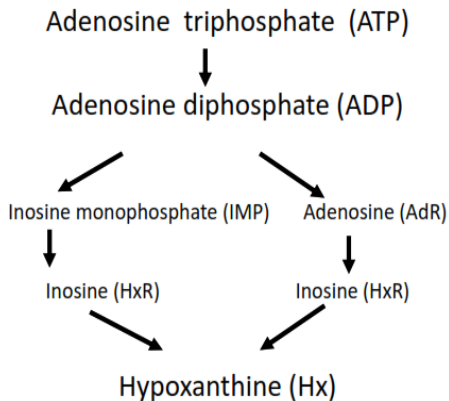
Kerusakan fisik; disebabkan oleh penanganan/penanganan yang kurang hati-hati seperti memar, patah tulang, dehidrasi dll.





**Gambar 3.22.** Skema degradasi nukleotida  
 Sumber: Masengi (2019)

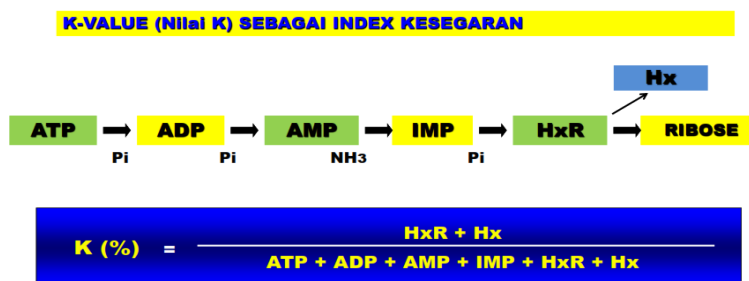
**Pembongkaran ATP dalam daging selama pembusukan**



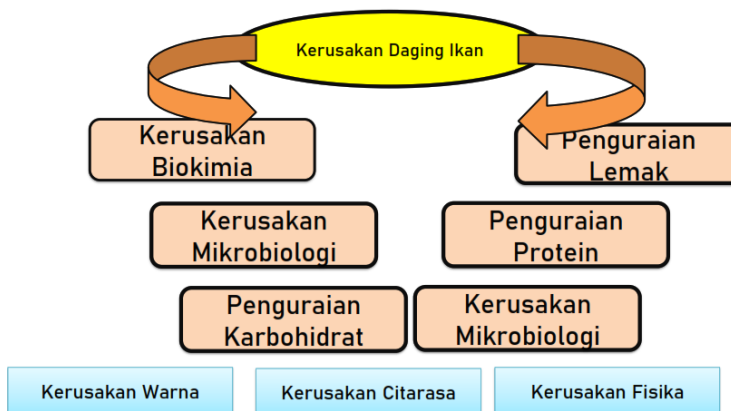
**Gambar 3.23.** Proses pembongkaran ATP menjadi hipoksantin  
 Sumber: Masengi (2019)



**Gambar 3.24.** Proses pembongkaran ATP dalam daging selama pembusukan  
 Sumber: Masengi (2019)



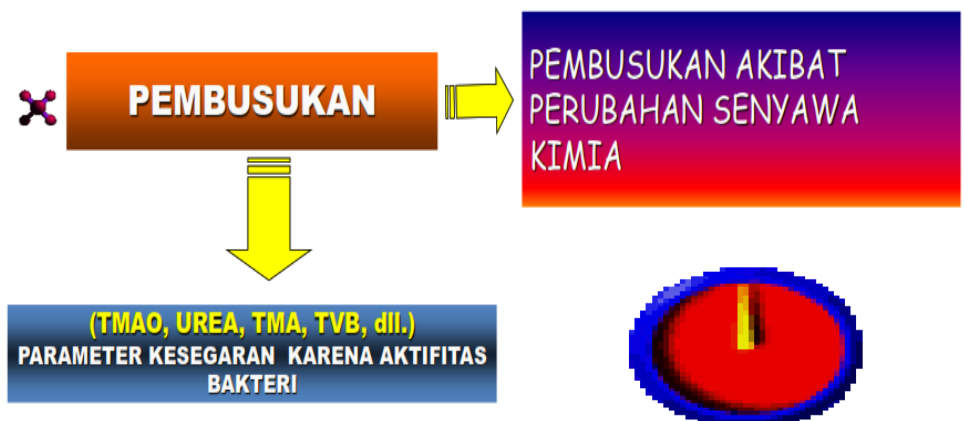
**Gambar 3.25.** Pengukuran K-Value Index  
 Sumber: Masengi (2019)



**Gambar 3.26.** Jenis kerusakan daging Ikan  
 Sumber: Masengi (2019)

### **Kerusakan Biokimiawi**

- Disebut juga autolisis, yaitu penghancuran diri, yaitu kerusakan yang disebabkan oleh enzim-enzim yang ada di dalam tubuh ikan.
- Saat ikan masih hidup, enzim membantu meningkatkan metabolisme komponen organik (protein, karbohidrat dan lemak).
- Ketika ikan masih hidup, tugas enzim adalah membentuk, mensintesis, dan membangun, bukan menghancurkan.



**Gambar 3.27.** Parameter Kerusakan Daging Ikan  
 Sumber: Masengi (2019)

### **3.7 Parameter Kerusakan Daging Ikan**

#### **Komponen yang menjadi parameter kesegaran Ikan :**

##### **Trimetilamine oksida (TMAO)**

TMAO banyak ditemukan pada ikan laut (Jaman et al. 2015) dan krustasea, yang berperan penting dalam fungsi fisiologis sistem osmoregulasi saat ikan masih hidup. Kandungan TMAO pada ikan bervariasi menurut spesies, habitat dan musim. Konsentrasi TMAO pada ikan cenderung meningkat selama penyimpanan. Peningkatan kandungan senyawa TMAO ini disebabkan adanya senyawa lipoprotein pada matriks daging ikan yang dapat didegradasi oleh aktivitas enzimatik. Namun, degradasi enzimatik senyawa lipoprotein juga dapat terjadi selama penyimpanan suhu rendah, dimana senyawa lipoprotein didegradasi menjadi kolin dan kemudian menjadi TMAO oleh enzim dehidrogenase (Yasuhara dan Shibamoto 1995). Hal ini menyebabkan peningkatan kandungan TMAO pada daging ikan. Laju degradasi TMAO pada ikan bergantung pada beberapa faktor, antara lain kondisi penyimpanan, suhu penyimpanan, keutuhan daging ikan, dan spesies.

##### **Trimetilamin (TMA)**

Trimethylamine (TMA) adalah basa mudah menguap yang dibentuk oleh reduksi TMAO oleh bakteri pembusuk. Kandungan TMA pada ikan terus meningkat meski dibekukan. Peningkatan konsentrasi TMA berlangsung cepat hingga penyimpanan bulan kedua, setelah itu cenderung menurun dan stabil pada bulan-bulan berikutnya. Diketahui nilai TMA pelet daging ikan kering mengalami peningkatan pada penyimpanan 3 bulan. Pasalnya, saat ikan membusuk, senyawa TMA mulai terbentuk, terutama pada ikan air asin, serta basa volatil yang menguap. Senyawa ini berkembang biak lebih cepat seiring dengan meningkatnya suhu penyimpanan. Tingkat TMA dikaitkan dengan

perubahan sensorik selama penyimpanan. Variasi pembentukan TMA pada ikan kemungkinan disebabkan oleh aktivitas mikroba yang kurang optimal dalam degradasi senyawa TMAO dalam kondisi penyimpanan beku, yang berarti bahwa laju pembentukan TMA pada ikan konsisten dengan laju pembentukan TMA pada fase pembusukan. Penyakit TMAO. Peningkatan kadar TVB berhubungan dengan peningkatan TMA selama degenerasi. Hal ini disebabkan adanya peningkatan aktivitas bakteri pembusuk setelah ikan mati sehingga meningkatkan penurunan TMAO menjadi TMA (Jinadasa 2014). Benjakul dkk. (2003) juga menemukan bahwa perubahan kadar TVB dan TMA daging ikan selama penyimpanan es meningkat seiring dengan lamanya penyimpanan.

### **Formaldehida (FA)**

Formaldehida pada ikan secara alami terbentuk melalui reduksi enzimatis trimetilamina oksida (TMAO) menjadi formaldehida menggunakan enzim TMAOase dengan dimetilamina (DMA) sebagai produk sampingannya (Murtini et al. 2014). Beberapa penelitian sebelumnya (Murtini et al. 2014, Rachmawati et al. 2007) juga menunjukkan bahwa kandungan formaldehida dapat terbentuk secara alami di dalam tubuh ikan akibat penguraian protein. Penelitian mengenai penyimpanan ikan pada suhu beku menunjukkan bahwa nilai FA pada ikan bila disimpan pada suhu beku menunjukkan bahwa pembentukan formaldehida pada penelitian ini mengikuti pola yang mirip dengan konsentrasi TMAO, yaitu derajatnya meningkat pada bulan pertama dan kemudian menurun secara bertahap di bulan-bulan berikutnya. Hal ini terjadi karena pada bulan pertama penyimpanan, jumlah TMAO yang tereduksi menjadi formaldehida jauh lebih sedikit dibandingkan jumlah TMAO yang terbentuk dari senyawa lipoprotein dalam matriks daging (Yasuhara dan Shibamoto 1995).

Jika disimpan dalam waktu lama, seluruh senyawa lipoprotein pada daging ikan akan terurai menjadi TMAO. Ada pembentukan alami formaldehida pada ikan selama penyimpanan beku. Pola alami pembentukan formaldehida pada ikan meningkat selama beberapa minggu pertama penyimpanan dan kemudian mulai menurun secara bertahap pada bulan-bulan penyimpanan berikutnya. Hal ini diduga terjadi karena formaldehida bersifat bebas dan sangat reaktif. Faktor utama yang mempengaruhi jumlah formaldehida yang terbentuk bergantung pada fluktuasi waktu dan suhu selama kondisi penyimpanan (Lee et al. 2007). Perbedaan kandungan formaldehida alami pada ikan dari spesies yang sama dipengaruhi oleh waktu penyimpanan dan suhu (Li et al. 2007).

### **Dimetilamin (DMA)**

Dimetilamina (DMA) merupakan salah satu basa volatil yang dihasilkan oleh enzim selama penyimpanan. Dimetilamina dan formaldehida terbentuk secara alami sebagai produk sampingan dari reduksi TMAO oleh enzim endogen TMAO-ase (Murtini et al. 2014). Kandungan DMA pada ikan segar berkisar 0,2 mg/100 g (Oehlenschlanger 2002). Kandungan DMA setiap spesies ikan bervariasi tergantung pada kandungan dan aktivitas enzim TMAO-ase atau TMAO dimethylase, yang mengubah TMAO menjadi DMA dan formaldehida secara kuantitatif seimbang (Huss, 1995). Dimetilamina diproduksi melalui autolisis selama penyimpanan beku dan terikat pada membran otot ikan. Pembentukan AMD akan lebih tinggi pada ikan yang mengalami penanganan kasar dan fluktuasi suhu selama penyimpanan dingin. Secara umum, kadar DMA meningkat seiring dengan lamanya penyimpanan, seperti halnya formaldehida. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kadar DMA dan FA meningkat pada fillet ikan cod yang disimpan dalam keadaan beku pada suhu -20°C dan -30°C (Leblanc dan Leblanc 2007). Kadar formaldehida

dan DMA ikan pada penyimpanan beku dengan penyiangan lebih tinggi dibandingkan tanpa penyiangan (Nurhayati et al. 2019).

Analisis DMA dapat dianggap sebagai indikator kesegaran ikan yang efektif, namun penggunaannya terbatas pada jenis ikan tertentu yang mengandung TMAO dan enzim TMAO-ase. Aplikasi analitis

DMA sebagai indikator kesegaran ikan dapat diterapkan pada ikan cod (*Gadus morhua*), haddock (*Melanogrammus aeglefinus*) dan ikan putih (*Merlangius merlangus*). Selain itu, analisis DMA dapat digunakan untuk memeriksa kualitas gadid yang disimpan pada suhu beku (Etienne et al. 2005).

### **Total volatile base (TVB)**

Uji TVB merupakan suatu metode pengukuran untuk mengetahui kesegaran ikan berdasarkan akumulasi senyawa basa seperti amonia ( $\text{NH}_3$ ), TMA, DMA dan senyawa volatil lainnya. Komponen dasar ikan yang mudah menguap terakumulasi dalam daging segera setelah mati (Jinadasa 2014). Suwetja (2011) mengemukakan bahwa suhu penyimpanan dapat mempengaruhi kandungan TVB-N pada daging ikan. Luu dkk. (2010) menjelaskan bahwa TVB merupakan senyawa hasil pemecahan protein yang menghasilkan sejumlah basa yang mudah menguap seperti amonia, histamin, hidrogen sulfida, dan trimetilamina. Meningkatnya kandungan TVB-N pada ikan selama penyimpanan beku menunjukkan bahwa meskipun pembentukan formaldehida terjadi melalui enzim, namun pembentukan TVB dapat terjadi seperti yang dikemukakan oleh Özogul dan Özogul (2000), sehingga peningkatan nilai TVB disebabkan oleh aktivitas bakteri pembusuk serta aktivitas enzim. Ikan tergolong sangat segar jika nilai TVB kurang dari 10 mgN/100g. Nilai TVB ikan dari 10 hingga 20 mgN/100 g dianggap ikan segar. Nilai TVB antara 20 dan 30 mgN/100 g merupakan batas yang dapat diterima untuk ikan konsumsi,

sedangkan jika nilai TVB di atas 30 mgN/100 g maka ikan tersebut tergolong ikan busuk. Nilai TVB ikan pada awal masa penyimpanan dapat tergolong segar karena berkisar antara 10 hingga 20 mg/100 g, sedangkan setelah satu bulan penyimpanan beku, sampel ikan termasuk dalam kategori busuk (Farber 1965).

### **Pengamatan kandungan TVB-N**

Kandungan TVB-N pada ikan meningkat selama penyimpanan namun cenderung tidak stabil. Perbedaan kestabilan nilai TVB-N dipengaruhi oleh spesies, cara pengolahan, dan suhu penyimpanan (Mahmoudzadeh et al. 2010). Selain itu jenis kelamin, umur, habitat, kebiasaan makan dan siklus reproduksi juga mempengaruhi stabilitas ikan TVB-N selama penyimpanan (Begum et al. 2011).

### **Derajat keasaman (pH)**

Nilai pH (kekuatan hidrogen) atau tingkat keasaman merupakan salah satu indikator yang digunakan untuk mengetahui kesegaran ikan. Variasi nilai pH tergantung pada spesies, proses penangkapan ikan, kondisi biologis, variasi musiman, dan metode pengolahan (Susanto dkk. 2011). Perubahan pH daging ikan memegang peranan yang sangat penting karena mempengaruhi proses autolisis dan serangan bakteri. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pH daging ikan tidak mengalami peningkatan yang signifikan seiring waktu penyimpanan. Peningkatan pH daging ikan pada masa penurunan mutu juga dibarengi dengan peningkatan kandungan basa volatil pada daging ikan.

Variasi nilai pH tergantung pada spesies, proses penangkapan ikan, kondisi biologis, perubahan musim dan metode pengolahan. Nilai pH ikan selama penyimpanan beku sedikit meningkat hingga bulan ke 2, kemudian



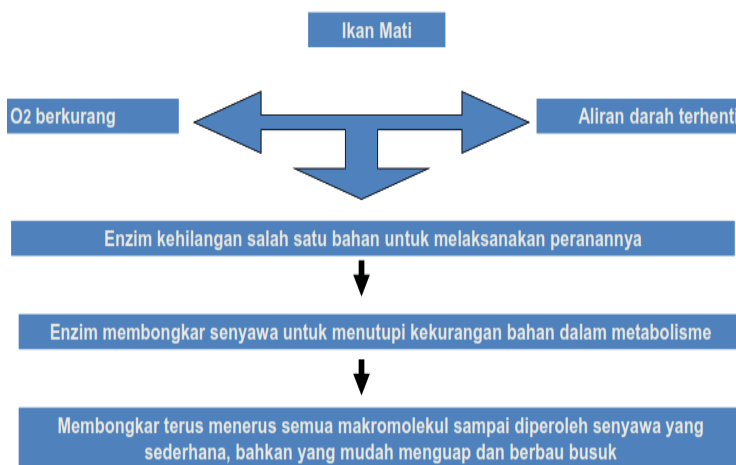
sedikit menurun pada bulan ke 3. Menurunnya pH ikan selama penyimpanan disebabkan karena adanya penumpukan asam laktat pada daging ikan. Keadaan jaringan otot menjadi fleksibel pada ikan setelah mati ditandai dengan kerusakan biokimia. ATP dan keratin fosfat. Energi yang terkandung dalam jaringan otot ikan diperoleh dalam kondisi anaerobik dari pemecahan glikogen menghasilkan ATP dan asam laktat, sehingga menurunkan nilai pH (Eskin, 1990). Nilai pH ikan kembali meningkat pada penyimpanan bulan ke 4. Tinggi rendahnya pH ikan tergantung pada jumlah glikogen yang ada. Peningkatan nilai pH ini disebabkan adanya proses autolisis daging ikan, yaitu pemecahan protein menjadi senyawa sederhana oleh enzim. Pola perubahan pH ikan selama penyimpanan pada suhu beku serupa dengan pola perubahan pH ikan selama penyimpanan pada suhu dingin (Arbajayanti, 2017). Selama penyimpanan pada suhu dingin, pH mengalami penurunan pada penyimpanan hari ke-3 kemudian meningkat kembali pada hari ke-6.

### **Angka lempeng total (ALT)**

Hasil penelitian menunjukkan bahwa hasil analisis mikrobiologi dengan parameter plak total menunjukkan bahwa pada awal penyimpanan ikan memiliki jumlah plak total sebesar 105 CFU/g. Selama penyimpanan, jumlah bakteri pada ikan meningkat seiring dengan lamanya penyimpanan dan setelah 4 bulan penyimpanan, peningkatan tersebut terlihat jelas. Mekanisme peningkatan total plak pada ikan selama penyimpanan beku masih belum pasti. Beberapa jenis bakteri dapat hidup pada ikan dan jumlahnya cenderung meningkat pada cuaca dingin. Hal ini serupa dengan penelitian sebelumnya yang menunjukkan peningkatan jumlah piring cumi yang disimpan pada suhu beku selama empat bulan (Farida et al. 2018).

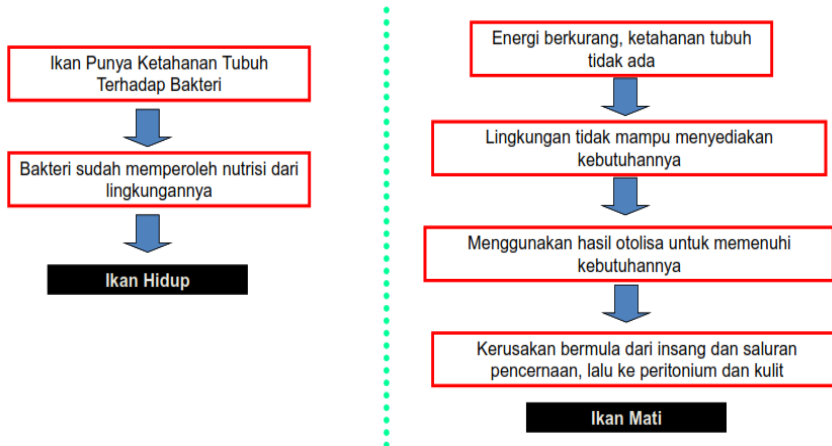
## Organoleptik

Ikan merupakan bahan pangan yang mudah mengalami kerusakan dan kemunduran mutu. Kerusakan ini dapat terjadi secara biokimiawi maupun mikrobiologi. Ikan yang telah mati akan mengalami perubahan biokimia dan fisikokimia yang mengakibatkan turunnya kesegaran ikan. Interval waktu terjadinya perubahan yang menyebabkan pembusukan ditentukan oleh fase post mortem (Munandar *et al.* 2009).



**Gambar 3.28.** Mekanisme Kerja Enzim Setelah Ikan Mati  
Sumber: Masengi (2019)

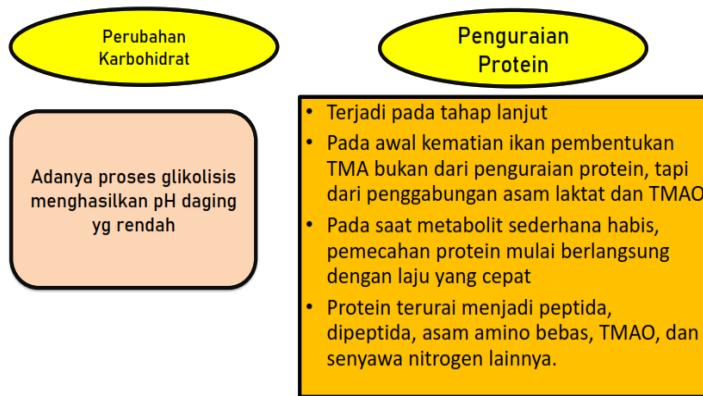
### Cara Kerja Mikroba Dalam Merusak Daging Ikan



**Gambar 3.29.** Mekanisme Kerja Pembusukan Oleh Bakteri  
Sumber: Masengi (2019)

#### Mekanisme Kerja Pembusukan Oleh Bakteri

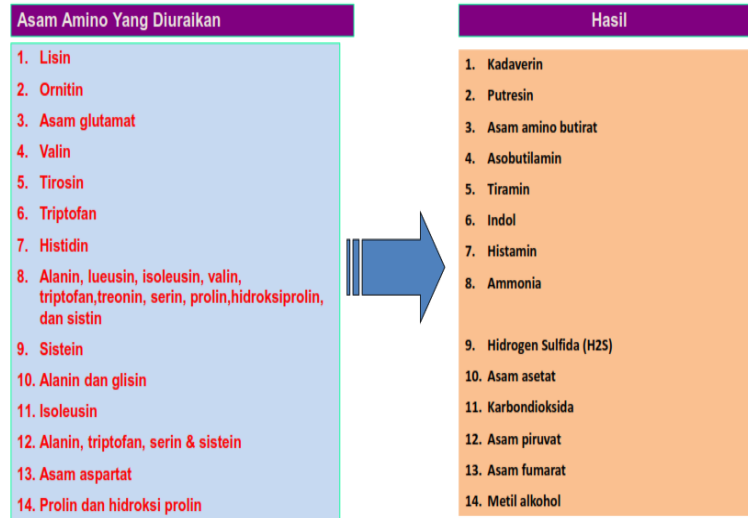
1. Kontaminasi disebabkan oleh bakteri penonaktif yang berkembang pesat.
2. Penguraian senyawa mikromolekul akibat oksidasi meningkatkan laju pertumbuhan bakteri, yang pada saat itulah muncul metabolit yang menimbulkan bau tidak sedap.
3. Pemecahan molekul protein oleh bakteri proteolitik menyebabkan peptida dan asam amino bebas terurai menjadi metabolit yang berbau busuk dan terkadang beracun.



**Gambar 3.30.** Penguraian yang Terjadi Saat Pembusukan Ikan  
 Sumber: Masengi (2019)

Rigor mortis (sering disingkat rigor) pada ikan adalah munculnya kejang otot pada ikan setelah jangka waktu kematian tertentu. Segera setelah ikan mati, otot-otot ikan melemah dan melorot (tahap pra-kaku). Setelah beberapa waktu, otot-otot ikan mulai berkontraksi (fase kekakuan otot). Kejang pada ikan sering kali dimulai dari ekor dan lambat laun menyebar ke seluruh tubuh hingga kepala. Setelah itu, jaringan otot ikan mulai mengendur kembali (tahap pasca pengakuan). Penyebab ikan kejang-kejang belum sepenuhnya dipahami dan masih menjadi bahan penelitian. Hingga saat ini, keberadaan senyawa glikogen pada otot ikan diyakini menjadi penyebabnya. Glikogen merupakan karbohidrat kompleks yang menyimpan energi. Begitu ikan mati, proses pembentukan senyawa glikogen pada otot ikan terhenti. Beberapa saat kemudian, di bawah pengaruh enzim, terjadi glikolisis, khususnya senyawa glikogen terus terurai menjadi asam laktat (menyebabkan penurunan pH daging ikan) dan akhirnya senyawa glikogen habis. Selama glikolisis, otot-otot ikan meregang dan mengempis karena pasokan glikogen otot ikan habis.

## Hasil Penguraian Protein



**Gambar 3.31.** Penguraian Protein yang Terjadi Saat Pembusukan Ikan  
Sumber: Masengi (2019)

Dengan turunnya pH pada daging ikan menjadi asam, enzim-enzim dalam jaringan otot yang aktivitasnya berlangsung pada pH rendah akan menjadi aktif. Pada autolysis terjadi proses penguraian protein dan lemak pada daging ikan yang dilakukan oleh enzim protease dan lipase. Protein diuraikan oleh enzim protease menjadi pepton, polipeptida, dan asam amino. Bersamaan dengan itu hidrolisis lemak menghasilkan asam lemak dan gliserol. Pada saat autolysis ikan dapat dikatakan masih segar karena masih layak untuk dikonsumsi. Namun demikian, autolysis merupakan fase transisi antara segar dan busuk karena struktur pada daging sudah berubah sehingga kekenyalannya menurun dan daging menjadi lembek

## PENGURAIAN LEMAK

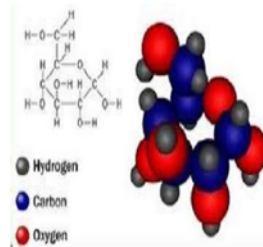
- Menghasilkan bau dan rasa yang tidak enak
- Terjadi karena oksidasi atau hidrolisa lemak, yang terjadi baik secara otolisa ataupun akibat aktivitas mikroba
- Berlangsung melalui 3 tahap, yaitu : oto-oksidasi, lipolisis oleh enzim lipase, dan lipoksidase oleh enzim lipoksidase yang dihasilkan oleh bakteri lipolitik.
- Menghasilkan asam lemak bebas yang berbau tengik.

**Gambar 3.32.** Penguraian Lemak yang Terjadi Saat Pembusukan Ikan  
Sumber: Sumartini (2020)

Glikolisis berasal dari kata glukosa dan lisis (pemecahan). Artinya proses pemecahan glukosa bagi tubuh untuk mendapatkan energi. Proses ini terjadi di sitoplasma sel melalui oksidasi. Pemecahan glukosa dalam tubuh menjadi piruvat atau laktat dapat menghasilkan ATP. Langkah pertama ini terjadi dalam tiga tahap, yaitu fosforilasi, isomerisasi, dan fosforilasi sekunder. Pada prinsipnya glukosa yang ada di dalam sel akan diubah menjadi atom karbon, yang kemudian akan diubah kembali menjadi bentuk yang lebih sederhana, dalam hal ini molekul piruvat.

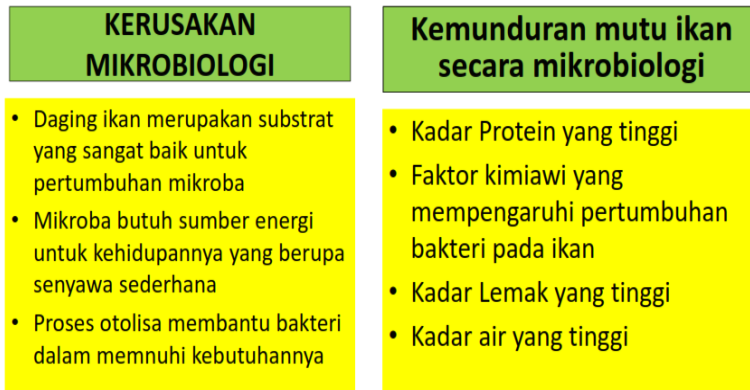
## PENGURAIAN KARBOHIDRAT

- Terjadi melalui proses glikolisis
- Penguraian glikogen menjadi energi
- Terjadi secara anaerob setelah ikan mati, sehingga meningkatkan keasaman daging (pH menjadi rendah).
- Terjadi seketika setelah ikan mati.



**Gambar 3.33.** Penguraian Karbohidrat yang Terjadi Saat Pembusukan Ikan  
Sumber: Sumartini (2020)

Pemecahan karbohidrat dapat dijelaskan melalui sistem glikolitik. Aktivitas yang membutuhkan banyak energi dan berlangsung selama 30 detik hingga 2 menit akan didukung terutama oleh sistem glikolisis, sistem resintesis energi tercepat kedua setelah sistem fosfagen. Ketika glikolisis terjadi, gula darah dan glikogen otot dipecah melalui serangkaian reaksi kimia dalam bentuk piruvat. Untuk setiap molekul glukosa yang dipecah melalui reaksi sistematis ini, dua molekul ATP dihasilkan. Setelah piruvat terbentuk, ia mengalami salah satu dari dua proses kimia. Pertama, diubah menjadi asetilkoenzim A, yang memasuki mitokondria untuk dioksidasi dan menghasilkan lebih banyak ATP. Hal ini terjadi ketika terdapat cukup oksigen untuk memulai sistem aerobik. Kedua, konversi menjadi laktat, terjadi ketika lebih banyak oksigen yang dibutuhkan daripada yang dapat disuplai oleh tubuh.



**Gambar 3.34.** Kemunduran Mutu Ikan Secara Mikrobiologi  
 Sumber: Sumartini (2020)

Kemunduran mikroba pada kualitas ikan merupakan tahap akhir dari pembusukan ikan. Mikroorganisme seringkali menghasilkan zat-zat yang berbahaya bagi tubuh manusia. Mikroorganisme akan berkembang pesat ketika ikan mati, sehingga seringkali menyebabkan tubuh ikan cepat membusuk jika tidak ditangani dengan baik.

Pembusukan ikan terutama disebabkan oleh aktivitas bakteri. Ikan yang baru ditangkap hampir bebas bakteri, namun lendir di permukaan, insang, dan usus dapat mengandung bakteri dalam jumlah besar. Ketika ikan mati, bakteri tersebut mulai menyerang daging ikan sehingga menyebabkan pembusukan dan menghasilkan senyawa yang tidak diinginkan. Kerusakan fisik apa pun (luka atau memar) akan mempercepat serangan bakteri. Sifat dan jenis bakteri yang terdapat pada ikan tergantung pada kondisi air tempat ikan ditangkap dan cara penanganan ikan setelah penangkapan. Bakteri utama pada ikan beragam, namun seringkali didominasi oleh bakteri gram negatif psikrofilik. Ikan yang ditangkap di daerah tropis mungkin mengandung bakteri gram positif dan bakteri enterik yang sedikit lebih tinggi. Selama



penyimpanan, bakteri tumbuh, namun hanya beberapa bakteri yang menyebabkan pembusukan makanan.

Bakteri *Shewanella putrefaciens* merupakan penyebab umum pembusukan ikan di perairan beriklim sedang selama pemrosesan es, menghasilkan trimetilamina (TMA), hidrogen sulfida (H<sub>2</sub>S) dan sulfida lain yang mudah menguap dan menimbulkan bau. Metabolit serupa dibentuk oleh Vibrionaceae dan Enterobacteriaceae selama dekomposisi pada suhu yang lebih tinggi. Selama penyimpanan di udara bebas, bakteri psikrofilik Photobacter, yang menghasilkan TMA dalam jumlah besar, merupakan salah satu bakteri pembusuk utama. Ikan air tawar dan ikan dari perairan tropis bila disimpan di lemari es yang terkena udara (aerobik) akan tumbuh bakteri Pseudomonas. Perubahan penting yang disebabkan oleh aktivitas bakteri pada ikan adalah:

- (1) Mengurangi TMAO menjadi TMA, ikan laut yang mengandung sebagian kecil TMAO yang tidak berbau akan diubah oleh bakteri menjadi TMA yang berbau busuk;
- (2) Penguraian asam amino oleh bakteri asam amino yang terdapat pada otot ikan menyebabkan terbentuknya amina primer, misalnya terbentuknya histamin dari histidin, arginin dari asam glutamat, dan lain-lain, dimana kerja bakteri tersebut dapat menyebabkan efek yang ekstrim. keracunan makanan. kasus; dan
- (3) Pada saat penguraian urea, konsentrasi urea yang tinggi pada daging beberapa jenis ikan akan diuraikan oleh mikroorganisme menjadi amonia sehingga membentuk amonia yang berbau busuk.

KERUSAKAN WARNA	KERUSAKAN CITARASA
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Terjadi akibat oksidasi hemoglobin dan mioglobin.</li> <li>• Timbul noda berwarna coklat, abu-abu atau kehijauan.</li> <li>• Warna abu-abu timbul akibat perubahan hemoglobin dan mioglobin menjadi methemoglobin dan methemoglobin</li> <li>• Warna hijau akibat perubahan lebih lanjut menjadi <i>khole-globin</i> atau <i>verdohome</i>.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Terjadi akibat penguraian protein dan lemak yang menghasilkan rasa dan bau yang tidak enak</li> <li>• Atau akibat cemaran yang terjadi selama ikan hidup dan penanganan pasca panen.</li> </ul>

**Gambar 3.35** Kemunduran Mutu Ikan Dari Aspek Rasa Dan Warna  
 Sumber: Sumartini (2020)

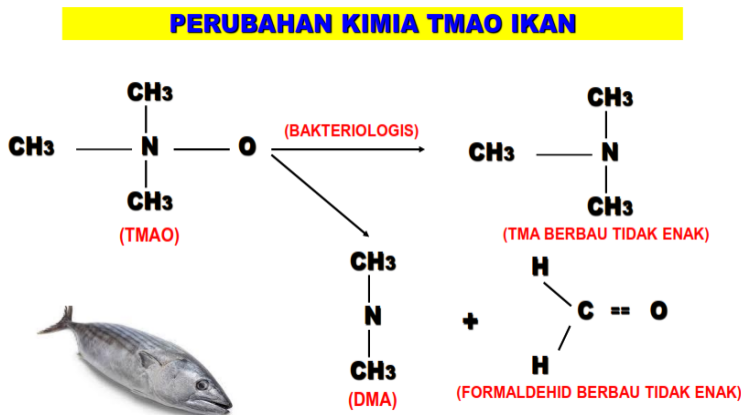
Pembusukan ikan adalah proses kompleks yang disebabkan oleh gabungan aksi enzim, bakteri, dan bahan kimia yang ada pada ikan. Faktor penyebab pembusukan ikan adalah kadar air yang tinggi, kadar lemak yang tinggi, kadar protein yang tinggi, jaringan otot yang lemah, suhu lingkungan dan penanganan yang tidak sehat. Pembusukan ikan seringkali disertai dengan perubahan ciri fisik seperti perubahan warna, bau, tekstur, warna mata, warna insang dan sensitivitas otot. Tanda-tanda pembusukan yang terlihat adalah perubahan bau dan rasa yang tidak diinginkan, pembentukan lendir, produksi gas, serta perubahan warna dan tekstur.

#### KERUSAKAN FISIKAWI

- Secara fisik, kebusukan dapat menyebabkan daging ikan rusak, tekstur lembek dan berair (kalau ditekan dengan jari tidak dapat kembali lagi).
- Akibat penguraian-penguraian di atas menyebabkan jaringan pengikat daging ikan rusak, sehingga tidak ada lagi kekuatan untuk mempertahankan kekompakan daging ikan, dan kemampuan mengikat air, dan kehilangan kelenturan.

**Gambar 3.36.** Kemunduran Mutu Ikan Secara Fisik  
 Sumber: Sumartini (2020)

Ikan segar seringkali memiliki kelemahan yaitu mudah rusak atau kehilangan kualitasnya (makanan yang sangat mudah rusak). Penurunan kualitas ikan disebabkan oleh aktivitas enzim, bakteri dan bahan kimia. Kemunduran mutu ikan dapat terlihat jelas secara fisik, ikan akan mempunyai bau, tekstur, warna, lendir dan penampakan yang tidak sedap. Menurut penelitian Sukarno dkk (2004), perubahan kualitas ikan air tawar berbeda-beda tergantung pada faktor-faktor yang ada pada ikan tersebut. Penurunan mutu ikan akan mempengaruhi nilai gizinya, sehingga menyebabkan terurainya senyawa kompleks menjadi senyawa sederhana pada proses penurunan mutu.



**Gambar 3.37.** Perubahan Kimia TMAO Ikan  
 Sumber: Widyayanti & Masengi (2019)

Perubahan TMAO menjadi DMA dan FA terjadi melalui proses autolysis. Selama proses penyimpanan dingin, TMAO pada ikan akan terdekomposisi menjadi DMA (dimetilamin) dan FA (formaldehi TMAO dengan rumus kimia  $(\text{CH}_3)_3\text{NO}$  adalah senyawa nitrogen non protein yang terkandung dalam sel ikan dan hasil perikanan lain yang hidup di laut dan sangat sedikit atau hampir tidak terdeteksi pada ikan air tawar. TMAO dapat

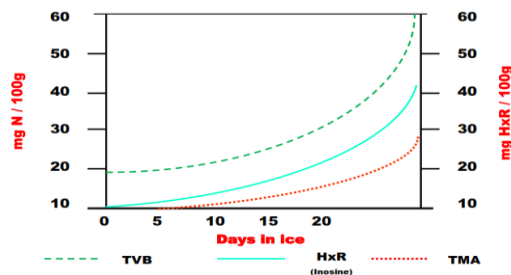
diperoleh melalui makanan ataupun berasal dari dalam tubuh ikan itu sendiri. Ikan menggunakan TMAO sebagai osmoregulan untuk mencegah dehidrasi pada lingkungan air laut dan penumpukan air dalam lingkungan air biasa.



**Gambar 3.38.** Perubahan Kimia Urea Ikan

Sumber: Mesengi (2019)

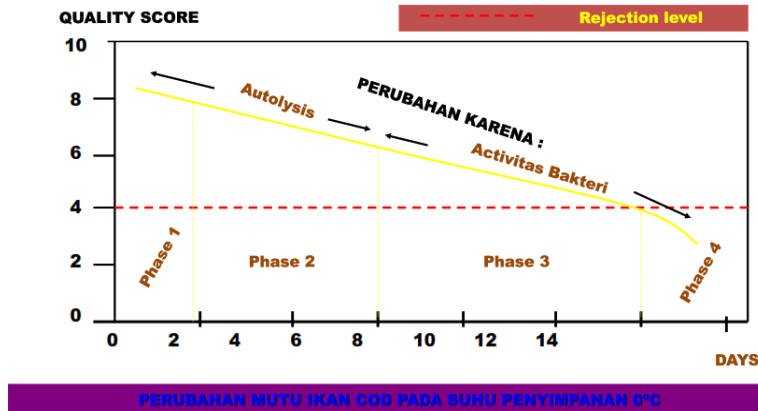
Pemecahan asam amino oleh bakteri asam amino yang terdapat pada otot ikan menyebabkan terbentuknya amina primer, misalnya terbentuknya histamin dari histidin, arginin dari asam glutamat, dan lain-lain, dimana aktivitas bakteri tersebut dapat menyebabkan keracunan makanan pada kasus yang parah; dan Penguraian Urea, konsentrasi urea yang tinggi pada daging beberapa ikan akan diuraikan oleh mikroorganismenya menjadi amonia, pembentukan amonia ini disertai dengan bau yang tidak sedap.



**PERUBAHAN KADAR TVB, HxR DAN TMA IKAN SELAMA PENGEESAN**

**Gambar 3.39.** Perubahan Kadar TVB, HxR dan TMA Ikan selama Pengeesan  
Sumber: Mesengi (2019)

Perubahan kadar TVB dan TMA pada daging ikan selama penyimpanan dengan es mengalami peningkatan seiring dengan lamanya waktu penyimpanan.



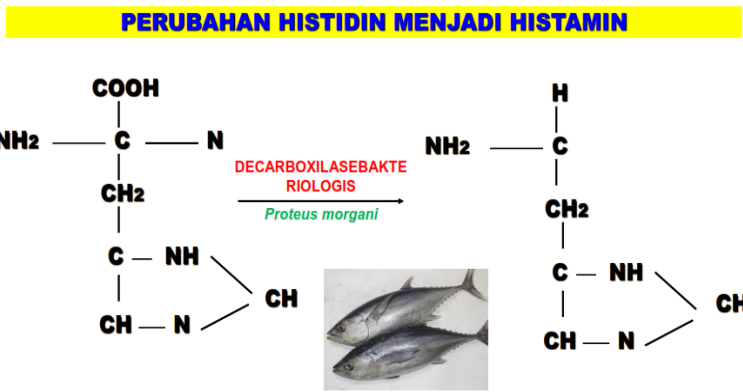
**Gambar 3.40.**Perubahan Mutu Ikan COD Pada Suhu Penyimpanan  
 Sumber: Mesengi (2019)



**Gambar 3.41.** Kandungan Asam Amino Pada Ikan  
 Sumber: Mesengi (2019)

Perbedaan daging merah dan daging putih lainnya adalah kandungan lemaknya. Daging putih merupakan sumber protein dan mengandung sedikit lemak. Sebaliknya, daging merah memiliki kandungan lemak yang lebih tinggi namun kandungan vitaminnya juga lebih tinggi. Ikan putih atau bandeng,

Hering (Bahasa Inggris:Ikan bandeng (istilah memancing) adalah istilah penangkapan ikan untuk beberapa jenis ikan bersirip dasar, antara lain ikan cod (Gadus morhua), kapur sirih (Merluccius bilineris) dan haddock (Melanogrammus aeglefinus), termasuk cod (Urophycis), pollock. Perbedaan utama antara daging putih dan daging merah adalah kandungan pigmennya, dimana mioglobin merupakan pigmen utama pada daging merah (Winarno, 1984). Menurut Winarno (1984), mioglobin mirip dengan hemoglobin dalam bentuk yang lebih kecil, sekitar 1/4 ukuran hemoglobin.



**Gambar 3.42.** Perubahan Histidin menjadi Histamin  
Sumber: Mesengi (2019)

Histidin yang terdapat pada makanan, terutama produk ikan, diubah menjadi histamin jika terdapat enzim histidin dekarboksilase. Hal ini terjadi jika bahan tersebut tidak ditangani dengan benar atau jika terdapat bakteri yang mampu memecah histidin menjadi histamin, yang menyebabkan keracunan. Histamin akan muncul pada ikan kadaluarsa atau ikan kualitas buruk karena komposisi kimia ikan berubah akibat aktivitas enzim/mikroorganisme penyebab pembusukan.

Hal ini hanya terjadi pada ikan yang sudah mulai rusak atau membusuk (membusuk). Enzim protease yang terdapat pada lambung ikan dapat menembus dari lambung hingga ke dalam daging. Konsentrasi histamin pada daging ikan yang mulai berubah/rusak biasanya mengandung sekitar 10-50 mg/100 gram histamin dan pada ikan yang sudah busuk berat konsentrasi histaminnya bisa mencapai 1.000 mg/100 gram. Bagian depan tubuh ikan biasanya memiliki kandungan histamin paling tinggi dan bagian ekor paling rendah. Kandungan histamin pada 20 mg/100 g ikan disebabkan oleh pengolahan ikan yang tidak higienis. Ikan yang dikupas memiliki kandungan histamin yang rendah.

Penanganan yang tidak tepat: Penanganan ikan di tempat penangkapan, pengiriman, penyimpanan dan pengolahan merupakan salah satu faktor yang sangat mempengaruhi pembusukan ikan. Penanganan yang higienis dan cepat akan membantu menjaga ikan agar tidak tertular histamin. Suhu penyimpanan. Histamin sering kali muncul pada ikan mati dan dibiarkan pada suhu yang cukup tinggi agar beberapa bakteri dapat tumbuh dan berkembang biak.

### Gejala keracunan

Gejala keracunan histamin mirip dengan gejala alergi pada orang yang sensitif terhadap ikan atau kerang, sehingga orang sering salah mengartikan gejala keracunan histamin dengan alergi. Keracunan ini sering terjadi akibat tingginya kandungan histamin pada ikan. Histamin tidak berbahaya jika dikonsumsi dalam jumlah sedikit, yakni 8mg/100g ikan. Jika kita mengonsumsi ikan yang kandungan histaminnya berlebihan yaitu dalam jumlah 70 sampai 1000 mg akan mengakibatkan: Muntah, rasa terbakar di tenggorokan, bibir bengkak, sakit kepala, kejang, mual, muka dan leher memerah, gatal-gatal dan badan lemas. FDA (*Food and Drug Administration*)

menyarankan bahwa histamin berbahaya jika seseorang mengonsumsi ikan yang mengandung 50 mg histamin per 100 g ikan, namun kita harus selalu waspada karena efek yang ditimbulkannya tidak bisa dianggap tidak berbahaya.

### Tips mencegah keracunan Histamin

Pilih dan makan ikan yang sangat segar. Tangani dan simpan ikan di tempat yang bersih (higienis). Simpan ikan pada suhu rendah.



**KELAS I < 25 mg/100gr**

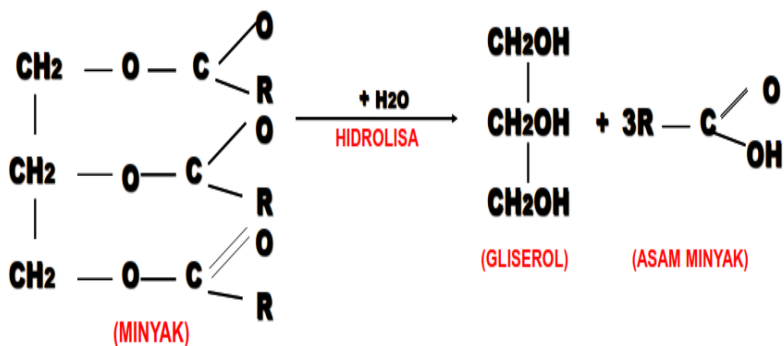


**KELAS II 25 – 50mg/100gr**



**KELAS III > 50 mg/100gr**

**Gambar 3.43.** Kadar Indol dalam Kesegaran Ikan  
Sumber: Mesengi (2019)



**Gambar 3.44.** Proses Hidrolisis Pada Ketengikan Minyak dan Lemak  
Sumber: Mesengi (2019)

Pencemaran kimia pada ikan Unsur kimia logam mempunyai berat dan kepadatan atom yang tinggi, pada konsentrasi yang sangat rendah bersifat



toksik bagi organisme seperti merkuri (HG), kadmium (CD), timbal (PB), arsen (AS), dll. Sedangkan yang terdapat secara alami pencemaran seperti kelumpuhan akibat keracunan ciguatera, keracunan kerang (PSP), keracunan kerang diare (DSP) dan tetrodotoksin.

**Tabel 3.10** Proses pertumbuhan bakteri berdasarkan suhu *handling*

Suhu	Aktivitas bakteri	Mutu Ikan
25°C-10°C	Luar biasa cepat	Cepat turun, awet 3-10 jam
10°C-2°C	Pertumbuhan kurang cepat	Mutu menurun kurang cepat, daya awet 2-5 hari
2°C-(-1°C)	Pertumbuhan jauh berkurang	Penurunan mutu agak dihambat, daya awet 310 hari
-1°C	Aktivitas ditekan	Penurunan suhu minimum sehingga daya awet maksimum 5-20 hari
-1°C-(-10°C)	Ditekan tidak aktif	Penurunan mutu minimum, tekstur tidak kenyal dan dan rasa ikan tidak enak dan tidak segar, daya awet 7-30 hari
-18°C	Ditekan minimum, bakteri tersisa tidak aktif	Mutu ikan beku, daya awet setahun

Sumber : Ilyas (1983)

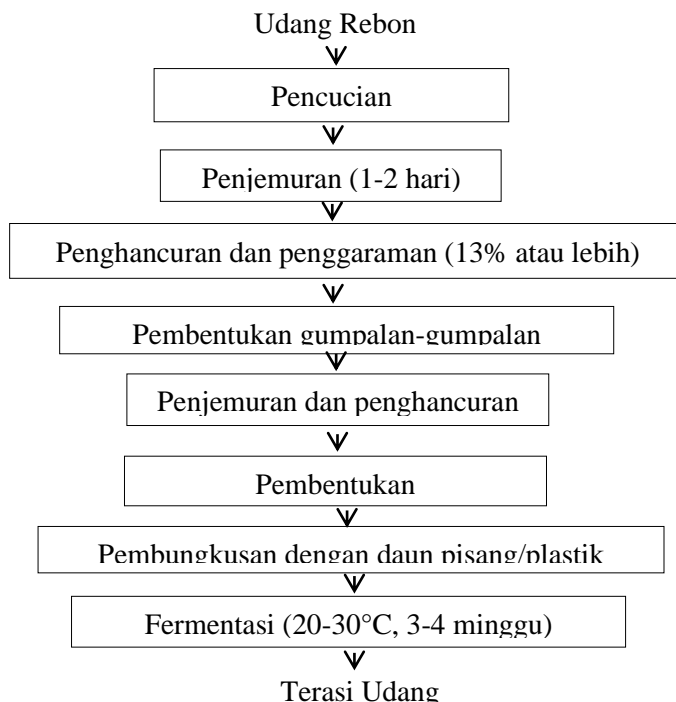


## BAB 4

# PRODUK FERMENTASI PERIKANAN

### 4.1 Terasi

Menurut Peraturan Kepala BPOM Nomor 21 Tahun 2016 tentang Golongan Pangan, terasi adalah udang segar atau daging langka atau campurannya dicampur dengan terasi dan bahan tambahan lainnya sehingga berbentuk bubuk, pucat, kemudian dikeringkan dan difermentasi. Bahan lainnya adalah tepung terigu, tepung beras atau tepung lainnya. Campuran bahan-bahan inilah yang kemudian menentukan kualitas dan cita rasa terasi yang dihasilkan.



**Gambar 4.1.** Diagram alir proses pembuatan terasi udang

Berikut ini merupakan langkah-langkah pembuatan terasi menurut Hadiwiyoto (1983):

### 1. Pencucian

Rebon, udang kecil atau ikan yang masih segar terlebih dahulu dicuci dengan air bersih untuk menghilangkan kotoran, lendir dan bahan-bahan asin yang ikut serta pada saat penangkapan.



**Gambar 4.2.** Udang Halus/Udang Rebon

Sumber : Sajriawati (2022)



**Gambar 4.3.** Udang Halus Setelah Dicuci dan Ditiriskan

Sumber : Sajriawati (2022)

### 2. Penjemuran

Setelah bersih, udang dijemur pada tempat terbuka yang terkena sinar matahari langsung. Pada penjemuran ini lapisan udang tidak boleh terlalu tebal

karena akan memperlambat proses pengeringannya. Setiap interval waktu tertentu udang yang dijemur dibolak-balik dan apabila terdapat kotoran harus dibuang. Maksud penjemuran ini tidak untuk mengeringkannya sama sekali, tetapi cukup kira-kira setengah kering saja supaya mudah untuk digiling atau ditumbuk.



**Gambar 4.4.** Penjemuran Terasi

Sumber : Sajriawati (2022)

### 3. Penggilingan

Udang yang telah dijemur kemudian digiling atau ditumbuk sampai halus. Sementara itu, dapat ditambahkan garam atau kadang-kadang zat warna dan tepung tapioka. Jumlah bahan-bahan yang ditambahkan ini nanti akan menentukan mutu terasi. Masing-masing perusahaan mempunyai resepnya masing-masing.



**Gambar 4.5.** Mesin Penggiling Adonan Terasi Manual

Sumber : Sajriawati (2022)



**Gambar 4.6..** Adonan Terasi setelah Digiling Setengah Halus  
Sumber : Sajriawati (2022)

#### 4. Pemeraman

Setelah digiling, adonan tersebut dibuat gumpalan-gumpalan dengan dikepalkepal lalu dibungkus dengan tikar atau daun pisang kemudian diperam selama semalam atau satu hari penuh. Pemeraman ini merupakan proses fermentasi tahap pertama.



**Gambar 4.7..** Proses Pencetakan Terasi  
Sumber : Sajriawati (2022)

#### 5. Pemeraman II

Keesokan harinya bungkus yang telah digunakan untuk pemeraman pertama dibuang dan digantikan dengan bungkus yang baru untuk memeram

adonan lagi. Adonan juga dihancurkan lagi dengan cara digiling atau ditumbuk sampai halus. Setelah dianggap cukup baik teksturnya, dibuat gumpalan –gumpalan sekali lagi dan dibungkus seperti semula.

#### 6. Pemeraman III

Pemeraman selanjutnya selama kurang lebih 4-7 hari. Pemeraman ini merupakan proses fermentasi tahap kedua. Pada proses ini akan timbul bau khas terasi. Apabila pemeraman selesai, terasi dapat diiris-iris dalam ukuran-ukuran tertentu kemudian dibungkus dengan daun pisang atau pembungkus lainnya serta dicetak.

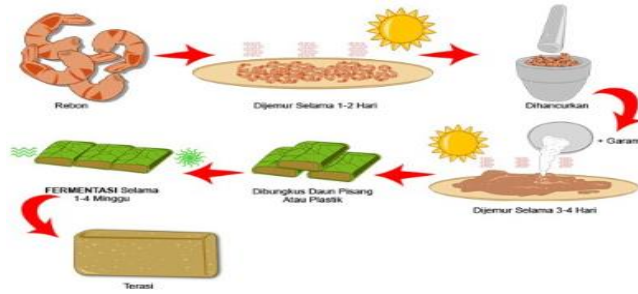


**Gambar 4.8.** Terasi yang Sudah Dicetak dan Dikemas  
Sumber: Sajriawati (2022)

#### 7. Pengeringan



**Gambar 4.9.** Terasi yang Sudah Dicetak  
Sumber : Sajriawati (2022)

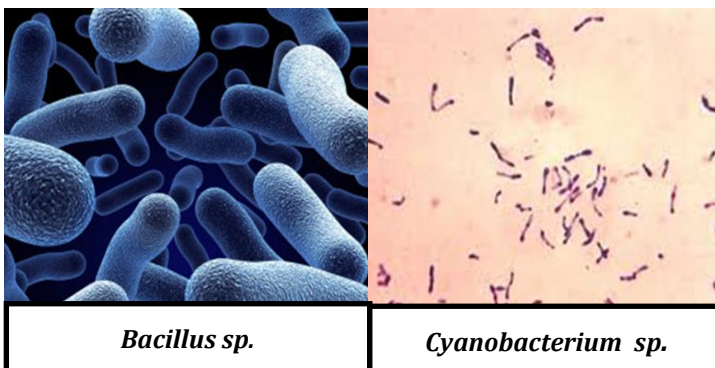


**Gambar 4.10.** Prosedur Pembuatan Terasi

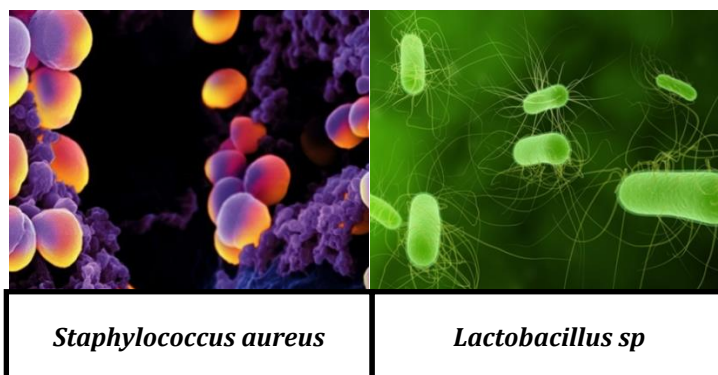
Sumber : Sajriawati (2022)

Mikroorganisme dimanfaatkan untuk mengubah laktosa menjadi asam laktat dan Mikroorganisme digunakan pada saat pematangan yaitu dalam proses pembentukan aroma khas terasi. Peran *Lactobacillus* dalam bidang kesehatan adalah :

1. Membersihkan sistem pencernaan
2. Membantu proses penyerapan makanan
3. Memperkuat daya tahan tubuh
4. Mencegah eksim
5. Mengurangi intoleransi laktosa







**Gambar 4.11.** Bakteri pada pembuatan Terasi

Sumber: <https://teknologipengolahanair.com/penjelasan-tentang-bakteri/>

*Bacillus* sp merupakan jenis bakteri yang berbentuk basil/batang, bersifat Gram positif, motil, katalase positif, oksidase negatif dan bersifat oksidatif-fermentatif (Cowan and Steel, 1974). Keberadaan *Bacillus* sp. Sangat diharapkan keberadaannya terutama untuk proses fermentasi terasi udang, karena menurut Hommes (2012), bakteri jenis *Bacillus* sp banyak digunakan sebagai starter dalam mempercepat proses fermentasi pada berbagai bahan pangan.

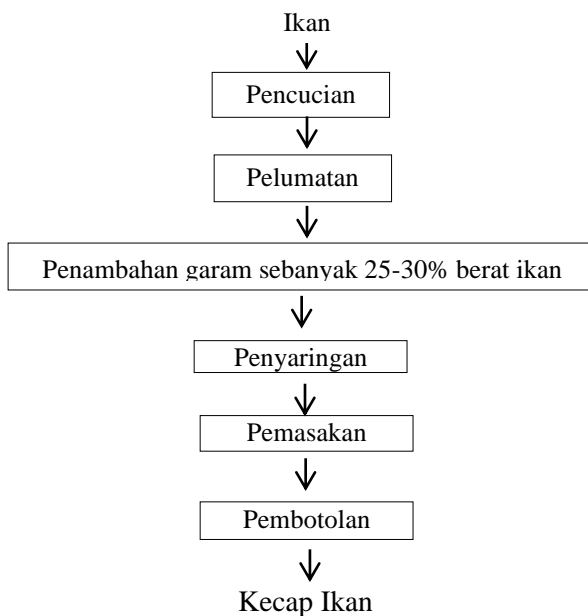
*Staphylococcus* sp. merupakan bakteri yang berbentuk kokus, Gram positif, nonmotil, katalase positif, oksidase negatif dan bersifat fermentatif (Cowan dan Steel, 1974). Hammer (2012) menyatakan bahwa *Staphylococcus piscifermentans* dapat dijadikan sebagai fermenter pada bahan pangan karena dapat memunculkan rasa asam, mem perpanjang umur simpan, tingkat higienitas yang tinggi.

*Corynebacterium* sp. berbentuk basil, bersifat Gram positif nonmotil, katalase dan oksidase negatif, dan bersifat oksidatif-fermentatif (Holt *et al.*, 1994). Beberapa spesies dari *Corynebacterium* sp. yang tidak bersifat pathogen digunakan sebagai fermenter skala industri untuk memproduksi asam amino

seperti L-Glutamate dan L-lysine (Burkovski, 2008). Sehingga bakteri ini merupakan salah satu jenis bakteri yang dapat mempercepat proses fermentasi pada terasi. Namun *Corynebacterium pseudotuberculosis* merupakan salah satu spesies corynebacterium yang bersifat patogen dan penyebab tuberculosis

## 4.2 Kecap Ikan

Kecap ikan memiliki kandungan nutrisi yang tinggi karena mengandung nitrogen. Selama pengolahan kecap, protein ikan akan dihidrolisis. Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan pada proses ini, nitrogen amina akan meningkat namun nitrogen total akan menurun. Nitrogen amino merupakan unsur gizi yang baik bagi tubuh karena mudah dicerna (Adawyah, 2007). Selain itu, dalam proses pembuatan kecap ikan, peran serta mikroorganisme sangat mempengaruhi produk akhir yang diperoleh. Yoshikawa et al (2010) menjelaskan bahwa kecap ikan seringkali menimbulkan bau amis yang tidak sedap.



**Gambar 4.12.** Diagram Alir Pembuatan Terasi

Langkah pembuatan kecap ikan dimulai dengan mencuci ikan hingga halus dan mencampurkan ikan dengan 25 hingga 30 pon garam ikan, kemudian campuran ini difermentasi dalam tong pada suhu kamar selama waktu tertentu (tergantung kualitas yang diinginkan), biasanya sekitar 6 -12 bulan. Biasanya penambahan beberapa enzim seperti papain dan bromelain akan mempercepat hidrolisis protein yang terkandung pada ikan. Selama proses ini terjadi hidrolisis dan pencairan. Hasil fermentasi direbus selama 2 jam kemudian didinginkan dan disaring atau dituang. Cairan yang disaring kemudian dibotolkan.

### **4.3 Bekasam**

Bekasam merupakan produk fermentasi ikan yang terbuat dari ikan yang dilumuri garam dan beras dengan perbandingan tertentu kemudian difermentasi selama 5 sampai 7 hari. Bekasam merupakan salah satu contoh produk fermentasi tradisional. Bekasam terbuat dari insang dan organ ikan yang telah dibersihkan, dicuci, dan dicampur garam. Setelah 3 hari fermentasi masukkan beras dan gula jawa/gula merah lalu fermentasi dilanjutkan selama 5 sampai 8 hari dalam wadah kedap udara. Bekasam merupakan produk ikan yang dibuat dengan cara fermentasi menggunakan kandungan garam tinggi dan bakteri asam laktat. Bakteri asam laktat yang terdapat pada asam ini adalah bakteri *Lactobacillus plantarum*. Ciri-ciri pembuatan bekasam yang berhasil adalah warnanya yang merah cerah, tekstur dagingnya kaya dan empuk, kadar pH 6,0 hingga 6,44, serta rasa yang khas karena proses fermentasi.



**Gambar 4.13.** Bekasam

Sumber: <https://daerah.sindonews.com/read/>

#### 4.4 Ikan Peda

Peda merupakan produk fermentasi yang terbuat dari olahan ikan dengan tambahan garam. Fungsi garam adalah untuk menyeleksi mikroorganisme yang mampu menghasilkan enzim proteolitik. Selama fermentasi, protein dipecah oleh enzim proteolitik menjadi molekul yang lebih sederhana, termasuk asam glutamat. Peda merupakan produk pengawetan makanan yang dibuat dengan menggunakan teknik fermentasi dan penggaraman. Peda merah terbuat dari ikan tenggiri yang tinggi lemak dan tidak diberi rumput, sedangkan peda putih terbuat dari ikan tenggiri rendah lemak dan diberi rumput. Menurut data Kementerian Kesehatan RI (TKPI), 100 gram ikan peda mentah mengandung 174 mg kalsium, 28,0 gram protein, 3,1 mg zat besi, 4,7 mg niasin, dan 316 mg fosfor. Prinsip fermentasi dalam produksi peda adalah kerja enzim proteolitik dari tubuh ikan dan bakteri yang ada akibat penggunaan garam dengan konsentrasi tinggi (FAO, 1971).



**Gambar 4.14.** Ikan Peda

Sumber: [bukalapak.com](http://bukalapak.com)

## 4.5 Gravalax



**Gambar 4.15.** *Gravalax*

**Sumber:** <https://tourinsights.wordpress.com/2012/12/30/e-pembuatan-salmon-gravlax-yang-berkualitas/>

Kata *gravlax* berasal dari kata 'grave' (Skandinavia) yang berarti 'kuburan' atau 'menggali' (di Swedia, Norwegia, Denmark, Belanda dan Estonia), dan kata 'lax' (atau laks), yang berarti 'salmon'. ', jadi *gradlax* artinya 'salmon yang dikubur'. Bahan-bahan yang digunakan. Untuk menyiapkan *gravlax*, khusus dua fillet salmon. Selain itu, diperlukan bahan-bahan sebagai berikut:

300 gram garam, 700 gram gula pasir, 20 gram lada hitam utuh, 30 gram bunga lawang, 10 gram cengkeh, 50 gram bawang putih, 50 gram bawang merah, 2 gram daun salam, 5 gram thyme, 100 gram kulit jeruk.

Proses pengobatan didasarkan pada modalitas yang dijelaskan sebagai berikut:

Metode 1:

### *Scaling*

*Scaling* merupakan proses pembersihan sisik ikan yang lengket dengan menggunakan alat scaler ikan. Pertama, salmon diletakkan di atas talenan berwarna biru, sedikit lebih besar dari salmon. Proses pemangkasan dilakukan mulai dari ekor hingga kepala ikan. Proses menguliti sebaiknya dilakukan

hingga kulit ikan bebas dari sisik. Setelah proses pembersihan kerak selesai, salmon dicuci hingga semua sisiknya hilang. Setelah proses trimming selesai, dilakukan proses threading dengan menggunakan pisau khusus.

### *Filleting*

Proses filleting dimulai dari kepala ikan hingga ekor ikan salmon, termasuk tulangnya. Proses filleting tidak bisa dilakukan dari ekor hingga kepala karena akan mengganggu aliran duri ikan dan dipastikan daging ikan akan rusak. Daging ikan yang didapat bersih, tanpa tulang. Setelah proses filleting kedua sisi ikan salmon selesai, langkah selanjutnya adalah menggunakan pinset untuk menghilangkan sisa duri pada daging salmon.

### *Seasoning*

Setelah ikan salmon benar-benar bebas dari sisik dan duri, maka akan dibumbui dengan langkah-langkah sebagai berikut:

#### Pembuatan bumbu

Untuk bumbu seperti lada hitam, adas manis, cengkeh, daun salam, dan thyme, biarkan utuh dan tidak perlu dihaluskan. Untuk kulit jeruk, cukup dipotong kotak (dadu). Sedangkan bawang merah ungu dan bawang putih dihaluskan dengan cara ditumbuk (dihancurkan) dengan pisau.

#### Proses pembumbuan

Kemudian semua bumbu, utuh dan dihaluskan, dicampur hingga rata dalam wadah pencampur. Kemudian, sedikit campuran bumbu ditaburkan di atas nampan stainless steel yang cukup besar. Kemudian, dua buah ikan salmon bersih ditaruh di atas nampan stainless steel dengan sisi kulit menghadap ke

dalam. Campuran bumbu yang tersisa di mangkuk kemudian ditaburkan secara merata di atas ikan salmon, hingga campuran bumbu menutupi kedua ikan sepenuhnya diasinkan

Setelah seluruh daging ikan salmon terlumuri campuran bahan tersebut, maka nampan stainless steel tersebut akan dibungkus rapat dengan plastik wrap. Setelah itu nampan stainless steel akan disimpan di lemari es selama tiga hari. Proses ini disebut pengawetan. Namun selama proses marinasi, ikan salmon harus dibalik setiap hari. Artinya, pada hari kedua, sisi kulit yang semula menghadap ke dalam akan menghadap ke luar, begitu seterusnya pada hari ketiga hingga seluruh sisinya terendam seluruhnya.

## **Metode 2 :**

Bahan yang digunakan. Untuk menyiapkan dua potong fillet ikan salmon, Anda memerlukan bahan-bahan sebagai berikut: Fillet salmon, lada putih giling, lada hitam utuh, adas bintang atau pekak, garam, gula pasir.

Setelah menyiapkan peralatan dan bahan yang akan digunakan, chef akan menyiapkan hidangan salmon kukus dengan cara sebagai berikut:

### *Scaling.*

Scaling merupakan proses pembersihan sisik ikan yang lengket dengan menggunakan alat scaler ikan. Pertama, salmon diletakkan di atas talenan berwarna biru, sedikit lebih besar dari salmon. Proses pemangkasan dilakukan mulai dari ekor hingga kepala ikan. Proses menguliti sebaiknya dilakukan hingga kulit ikan bebas dari sisik. Setelah proses pembersihan kerak selesai, salmon dicuci hingga semua sisiknya hilang.

### *Filleting.*

Setelah proses trimming selesai, dilakukan proses threading dengan menggunakan pisau khusus. Proses filleting dimulai dari kepala ikan hingga ekor ikan salmon, termasuk tulangnya. Proses filleting tidak bisa dilakukan dari ekor hingga kepala karena akan mengganggu aliran duri ikan dan dipastikan daging ikan akan rusak. Daging ikan yang didapat bersih, tanpa tulang. Setelah proses filleting kedua sisi ikan salmon selesai, langkah selanjutnya adalah menggunakan pinset untuk menghilangkan sisa duri pada daging salmon.

### *Seasoning.*

Setelah ikan salmon benar-benar bebas dari sisik dan duri, maka akan dibumbui dengan langkah-langkah sebagai berikut:

### *Pembuatan bumbu.*

Untuk bumbu seperti lada hitam dan adas bintang atau pekak, haluskan dalam food processor. Semua bumbu dihaluskan dalam food processor kemudian dicampur dengan bumbu lain seperti lada putih bubuk, garam dan gula. Semua bumbu kering dicampur hingga tercampur rata dalam wadah pencampur.

### *Proses pemberian bumbu.*

Campuran bumbu keringnya sedikit saja lalu ditaburkan di atas nampan *stainless steel* yang cukup besar. Kemudian, dua buah ikan salmon bersih ditaruh di atas nampan *stainless steel* dengan sisi kulit menghadap ke dalam. Kemudian, gunakan jarum kekang untuk menusuk dua belas jahitan pada bagian daging salmon yang tebal. Daging di dekat ekor tidak perlu ditusuk karena bagian ini memiliki lapisan daging yang tipis. Campuran bumbu yang



tersisa di mangkuk kemudian ditaburkan secara merata di atas ikan salmon, hingga campuran bumbu menutupi kedua ikan sepenuhnya.

### *Marinating.*

Setelah seluruh daging ikan salmon terlumuri campuran bahan tersebut, maka nampan *stainless steel* tersebut akan dibungkus rapat dengan plastik wrap. Setelah itu nampan *stainless steel* akan disimpan di lemari es selama tiga hari. Proses ini disebut pengawetan. Namun selama proses marinasi, ikan salmon harus dibalik setiap hari. Artinya, pada hari kedua, sisi kulit yang semula menghadap ke dalam akan menghadap ke luar, begitu seterusnya pada hari ketiga hingga seluruh sisinya terendam seluruhnya.

### *Pematangan dan Penyajian Salmon Gravlax*

Setelah sehari, daging salmon yang direndam dengan campuran bumbu tersebut akan mengeluarkan cairan yang disebut juga jus. Garam dan gula Masak ikan salmon dengan cara membuang air dari daging ikan salmon, lalu menggantinya dengan campuran garam, gula, dan campuran bumbu lainnya. Berkat proses ini, ikan salmon memiliki rasa manis, asin, dan asin. Tekstur salmon yang diasinkan juga sedikit berbeda dengan salmon mentah. Daging ikan salmon segar berwarna oranye cerah dan mudah hancur saat diperas. Namun, daging salmon yang dimasak berwarna oranye tua dan memiliki tekstur yang kenyal dan seperti agar-agar.

Setelah tiga hari, saus salmon yang sudah matang dicuci bersih semua bumbu yang menempel di dalamnya. Gravlax salmon kemudian dilapisi dengan mustard Dijon menggunakan sendok pengaduk. Lapisan djon mustard cukup tipis dan seragam. Kemudian salmon gravlax ditaburi daun dill yang sudah dicincang halus. Saus salmonnya ditaburi daun dill cincang lalu dipotong tipis-

tipis dengan pisau tajam. Salmon gravlax dapat disajikan dengan roti, krim asam, caper, atau irisan lemon.

#### 4.6 Nata de Seaweed

Nata de rumput laut merupakan produk yang dikembangkan dari rumput laut yang diolah menjadi produk serupa dengan Nata De Coco. Rumput laut Nata de coco merupakan olahan rumput laut yang kaya akan nutrisi, lemak baik, serat dan protein dengan kandungan lebih tinggi dibandingkan Nata De Coco. Alga *Eucheuma cottonii* merupakan salah satu alga alternatif yang dapat digunakan dalam produksi nata, khususnya sebagai media pertumbuhan bakteri pembentuk nata. Seperti halnya industri Nata De Coco, industri nata rumput laut juga dapat diterapkan dalam skala kecil karena proses dan teknologi yang digunakan sederhana. Selama ini rumput laut yang digunakan untuk membuat nata adalah *Eucheuma cottonii* dan *Gracilaria* sp (Nur, 2009).

Sukrosa merupakan unsur penting dalam pembuatan nata. Sukrosa merupakan senyawa karbohidrat sederhana yang digunakan sebagai suplemen pembuatan Nata. Selain sukrosa, senyawa karbohidrat seperti maltosa, laktosa, glukosa, fruktosa dan manosa juga dapat digunakan sebagai bahan baku tambahan pembuatan Nata. Diantara sekian banyak senyawa karbohidrat sederhana, sukrosa merupakan senyawa yang paling ekonomis digunakan dan paling baik untuk pertumbuhan dan perkembangan benih nata (Pambayun, 2002).



**Gambar 4.16.** *Nata de Seaweed*

Sumber: <https://surabayastory.com/2019/05/12/>

Nata de seaweed dihasilkan dari sejenis alga yang disebut *Eucheuma* atau *Glacilaria*. Proses pengentalan menjadi nata dilakukan dengan cara fermentasi menggunakan bakteri *Acetobacter xylinum*. Waktu fermentasi yang dibutuhkan lebih lama dibandingkan proses pembuatan *Nata De Coco* dari air kelapa. Agar lebih jelas, berikut gambaran umum proses pembuatan *Nata De Seaweed* dengan cara yang paling sederhana:

- a. Sediakan rumput laut segar secukupnya lalu cuci hingga bersih hingga bau amis karang hilang dari setiap helai rumput laut. Kemudian tiriskan airnya. Kemudian gunakan blender untuk menghaluskannya tetapi jangan terlalu halus dan saring untuk menghilangkan filtratnya.
- b. Air ditambahkan ke dalam filtrat sampai volume sedang kira-kira 1500 ml, kemudian dididihkan selama  $\pm 10$  menit.
- c. Lima belas menit setelah masak, tambahkan larutan gula palem (sekitar 7,5%, 10% atau 12,5%) dan amonium sulfat sekitar 15 g, lalu tambahkan air jeruk nipis secukupnya, aduk rata hingga pH media menunjukkan nilai 3-4.
- d. Setelah proses pemasakan selesai, bubuk rumput laut siap dimasukkan ke dalam tangki fermentasi bersih (yang telah melalui proses sterilisasi). Wadah ditutup rapat dengan kain kasa steril. Biarkan semalaman pada suhu kamar. Kemudian keesokan harinya,
- e. *Acetobacter xylinum* 10%. Tutup dengan kain tipis dan inkubasi selama 10 hari pada suhu kamar.
- f. Hari kesebelas merupakan waktu panen nata de seaweed berupa daun dan bunga lebat. Bersihkan kertasnya. Rumput laut Lalu nata siap diolah menjadi aneka jajanan ringan rumput laut yang difermentasi.



## BAB 5

# PRODUK PERIKANAN TRADISIONAL

### 5.1. Ikan Asin



**Gambar 5.1.** Ikan Asin

Sumber: <http://pariwisata.kepulauanselayarkab.go.id/>

Ikan asin adalah ikan yang diawetkan dengan cara diasinkan. Pengawetan ini sebenarnya melibatkan dua proses yaitu penggaraman dan pengeringan. Pengasinan adalah metode yang digunakan untuk mengawetkan produk ikan dengan garam (NaCl). Pada proses penggaraman, pengawetan dilakukan dengan cara mengurangi kadar air pada tubuh ikan dan bakteri sehingga tidak dapat hidup dan berkembang lagi. Istilah garam biasa juga disebut dengan garam. Teknologi garam biasanya tidak digunakan sebagai satu-satunya metode pengawetan, namun proses pengawetan lain seperti pengeringan atau perebusan tetap diterapkan. Proses lanjutan ini akan menghasilkan 3 jenis produk ikan asin yang berbeda, yaitu: ikan asin basah, ikan asin kering, dan ikan asin rebus (ikan pindang). Metode pengawetan garam merupakan metode yang paling sederhana dan banyak digunakan oleh

para pengolah ikan. Hampir 65% hasil perairan masih diolah dan diawetkan dengan garam.

Pengasinan merupakan suatu cara mengawetkan ikan dengan menggunakan garam sebagai bahan pengawetnya. Jenis garam yang digunakan adalah garam meja dalam bentuk kristal atau larutan. Berkat garam, aktivitas mikroorganisme terutama bakteri akan terhambat sehingga ikan dapat awet dan awet lebih lama.

Pada proses penggaraman, garam masuk ke dalam tubuh ikan. Sebaliknya cairan dalam tubuh ikan akan mengalir keluar karena adanya perbedaan konsentrasi. Setelah konsentrasi garam antara tubuh ikan dan lingkungan seimbang, sisa cairan tubuh akan mengental dan membentuk gumpalan protein (denaturasi) serta mengecilkan sel-sel tubuh ikan sehingga menyebabkan sifat daging berubah.

Mekanisme pengawetan ikan dengan garam adalah sebagai berikut:

- a. Garam menyerap air dari tubuh ikan melalui proses osmosis.
- b. Kadar air dalam tubuh ikan semakin berkurang. Kekurangan air pada tubuh ikan menjadi media berkembang biaknya bakteri sehingga menyebabkan terjadinya gangguan metabolisme pada tubuh bakteri
- c. Garam juga menyerap air dari tubuh bakteri sehingga bakteri mengalami plasmolisis (pemisahan inti dari plasma) dan mati.

### **Metode Penggaraman**

Kecepatan proses penyerapan garam dalam tubuh ikan dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu:

- Kesegaran ikan

Proses penyerapan garam ke dalam tubuh ikan akan cepat jika ikan masih segar.

- Kandungan lemak

Ikan yang tinggi lemak akan menghambat penyerapan garam karena lemak akan menghalangi garam masuk ke dalam tubuh ikan.

- Ketebalan daging ikan

Daging ikan yang tebal akan memperlambat proses penggaraman.

- Kehalusan kristal garam

Garam halus akan mudah larut dan terserap ke dalam tubuh ikan.

- Suhu

Viskositas larutan garam akan menurun seiring dengan meningkatnya suhu larutan garam, sehingga membantu garam mudah terserap ke dalam tubuh ikan.

- Konsentrasi larutan garam

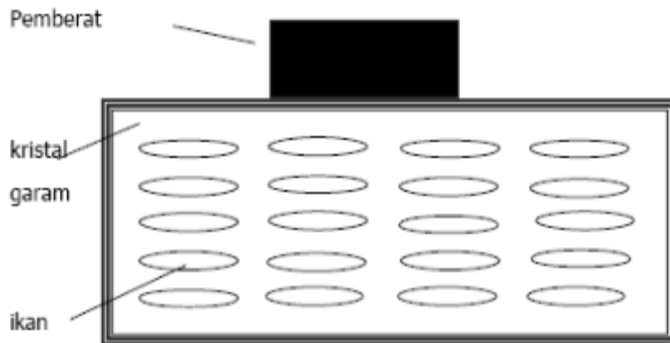
Jika perbedaan konsentrasi larutan garam dengan cairan tubuh ikan tinggi maka garam akan lebih cepat meresap ke dalam tubuh ikan.

Cara penggaraman dapat dikelompokkan menjadi tiga kategori, yaitu:

### **1) Penggaraman kering (*dry salting*)**

Metode penggaraman kering merupakan metode penggaraman yang menggunakan kristal garam yang dicampurkan ke dalam ikan.

Pengasinan kering dilakukan dengan cara menaburkan garam halus pada lapisan ikan yang disusun secara hati-hati. Setiap lapisan ikan diselingi dengan lapisan garam. Pada proses penggaraman ini, cairan tubuh ikan akan diserap oleh kristal garam sehingga menyebabkan kristal garam tersebut meleleh membentuk larutan garam pekat. Larutan garam pekat ini akan merendam seluruh lapisan ikan.



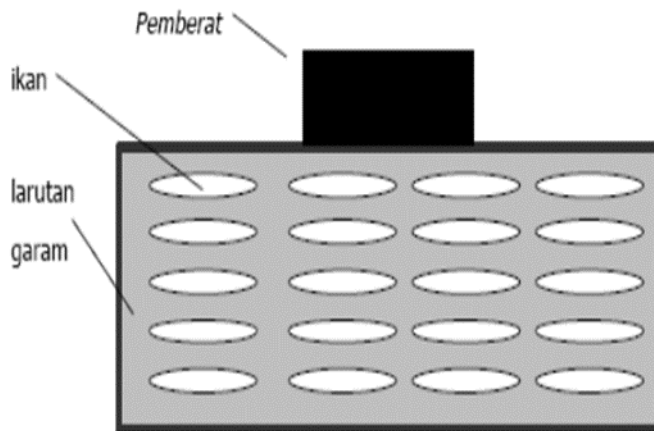
**Gambar 5.2.** Proses Penggaraman Kering  
Sumber: Rakhmawati (2017)

Garam kering bisa digunakan untuk ikan kecil dan besar. Jumlah garam yang digunakan biasanya 10 hingga 35% dari berat ikan. Semakin lama waktu penggaraman maka kandungan air pada ikan semakin sedikit. Pasalnya pada proses penggaraman, otot ikan akan menyerap garam dan kehilangan air. Metode penggaraman yang paling umum digunakan adalah metode penggaraman kering. Penggunaan metode penggaraman ini menghasilkan kualitas ikan asin yang lebih baik dibandingkan menggunakan garam basah dan garam pelapis.

## **2) Penggaraman basah (*Wet salting*)**

Pada metode penggaraman basah, garam digunakan dalam bentuk larutan (30-35%). Ikan yang perlu diasinkan ditempatkan dalam wadah berisi larutan garam pekat. Bagian atas tangki ditutup dan diberi pemberat sehingga seluruh ikan terendam air. Waktu perendaman tergantung pada ketebalan dan salinitas yang diinginkan. Larutan air garam akan menyerap cairan dan ion garam ke dalam tubuh ikan.



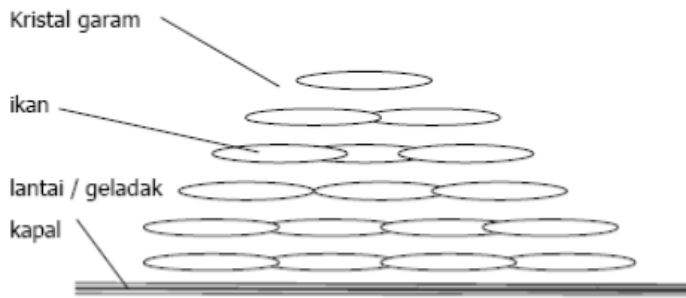


**Gambar 5.3.** Proses penggaraman basah  
 Sumber: Rakhmawati (2017)

### 3) Penggaraman kering tanpa kedap air (*kench salting*)

Cara penggaraman ini mirip dengan penggaraman kering, yaitu menggunakan garam yang mengkristal. Namun cara ini tidak menggunakan wadah yang kedap air. Proses penggaraman dilakukan langsung di geladak/dek kapal atau dapat juga dilakukan dalam wadah berbentuk keranjang yang tidak kedap air.

Ikan dicampur dengan kristal garam, dan larutan air yang dihasilkan ditiriskan dan dibuang. Cara ini memiliki beberapa kelemahan: membutuhkan lebih banyak garam dan proses penggaraman lambat. Lebih tepatnya metode garam dapat dijelaskan sebagai berikut:



**Gambar 5.4.** Penggaraman kering tanpa kedap air  
Sumber: Rakhmawati (2017)

## ❖ **Persiapan**

### **1) Persiapan bahan baku**

Bahan ikan yang diawetkan dengan cara penggaraman harus digolongkan menurut jenis, ukuran dan kesegarannya.

Bahan lainnya adalah garam murni yang mengandung NaCl 99% sehingga kualitas produk sangat baik. Jumlah garam yang dibutuhkan antara 10 hingga 35%, tergantung salinitas yang diinginkan.

### **2) Penyiangan ikan**

- a. Untuk ikan berukuran besar perlu dilakukan penyiangan. Ikan tersebut kemudian dibelah dua sepanjang garis punggung menuju perut.
- b. Untuk ikan berukuran sedang, proses penyiangan tetap dilakukan namun tidak perlu memotong ikan menjadi dua.
- c. Sedangkan ikan kecil tidak perlu disiangi, cukup dibilas hingga bersih.
- d. Ikan dicuci dengan air mengalir.
- e. Setelah melalui proses pencucian, ikan ditiriskan dan ditimbang.

#### **4) Proses penggaraman**

##### *a) Metode dry salting*

Banyaknya garam yang dibutuhkan tergantung dari ukuran ikan. Untuk ikan berukuran besar, jumlah garam yang dibutuhkan adalah 20-30%. Sedangkan untuk ikan berukuran sedang, jumlah garam yang dibutuhkan adalah 15-20%. Untuk ikan berukuran kecil, jumlah garam yang dibutuhkan hanya sekitar 5%. Garam ditaburkan di bagian bawah tong. Lalu letakkan ikan di atas, perut di bawah. Taburkan garam di atas lapisan ikan. Begitu seterusnya hingga semua ikan dimasukkan ke dalam tong. Lapisan atas ikan ditaburi garam setebal 5 cm. Wadah ditutup dengan penutup yang diberi beban. Proses penggaraman memakan waktu 1-3 hari. Proses penggaraman dianggap selesai apabila terjadi perubahan tekstur ikan, daging ikan menjadi keras dan mengental. Setelah proses penggaraman selesai, ikan dikeluarkan dari tong garam, dicuci dan dibersihkan dari kotoran yang menempel.

##### *b) Metode wet salting*

- a. Kadar dan konsentrasi larutan garam yang akan digunakan pada metode ini sesuai dengan tingkat keasinan yang diinginkan.
- b. Ikan ditata rapi dalam wadah. Lalu larutan garam dimasukkan sampai semua ikan terendam air garam.
- c. Tutup wadah dan gunakan pemberat untuk memastikan tidak kontak dengan udara luar.
- d. Jika konsentrasi cairan di dalam dan luar tubuh ikan sudah sama maka proses penggaraman dianggap telah selesai.
- e. Selanjutnya Ikan diangkat dari wadah penggaraman, kemudian dicuci, lalu ditiriskan.

*c) Metode kench salting*

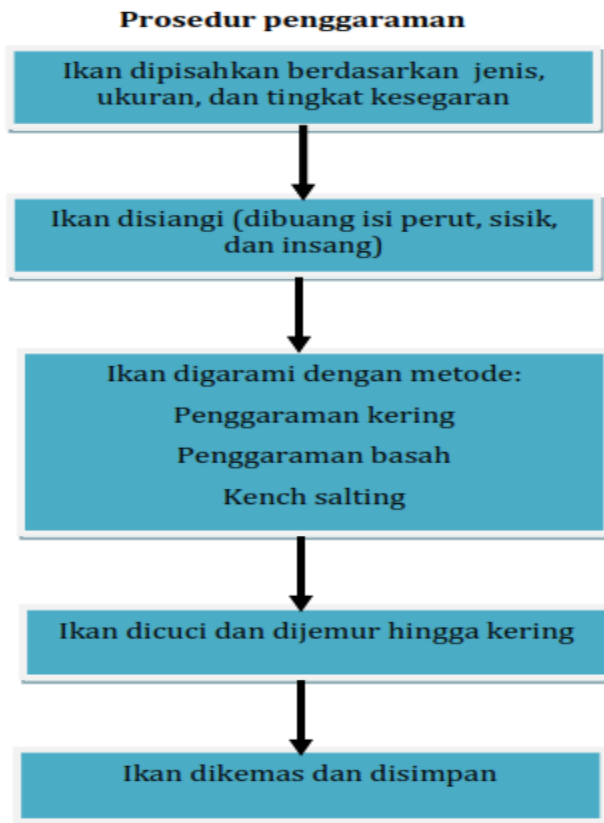
- a. Pada metode ini tidak menggunakan wadah. Ikan ditumpuk pada bidang datar dan ditaburi garam secukupnya sampai semua badan ikan tertutupi garam. Tumpukan ikan ditutup menggunakan plastik.
- b. Proses penggaraman dianggap selesai jika sudah terjadi perubahan tekstur tubuh ikan menjadi kencang dan padat.

5) Proses pengeringan

Setelah dicuci dan ditiriskan, selanjutnya ikan dijemur di atas para-para yang sudah disiapkan.

6) Pengemasan dan Penyimpanan

Ikan yang telah melalui proses penggaraman dan pengeringan dikemas dalam bahan kemasan yang bersih. Kemudian simpan di tempat yang kering dan bersih.



**Gambar 5.5.** Prosedur penggaraman  
Sumber: Rakhmawati (2017)

## 5.2. Ikan Asap

Pengasapan dilakukan terutama untuk mengawetkan ikan, sebagian dengan cara mengeringkan dan sebagian dengan menambahkan konstituen anti-mikrobiologis yang diproduksi secara alami seperti fenol dari asap ke ikan. Pengasapan adalah metode pengawetan yang disukai karena mengeringkan ikan, mencairkan beberapa lemak dari ikan, dan mengurangi pertumbuhan mikroba dengan adanya zat antimikroba yang diperoleh dari bahan bakar kayu yang digunakan. Ketika ini tercapai, pengasapan diharapkan dapat memperpanjang umur simpan sebagian besar produk ikan hingga beberapa

minggu. Namun, belakangan ini sedang digunakan untuk mencapai karakteristik rasa dan penampakan ikan asap. Panas dari api menyebabkan pengeringan, dan jika suhu cukup tinggi, daging menjadi matang. Kedua faktor tersebut dapat mencegah pertumbuhan bakteri dan aktivitas enzim, sehingga mencegah pembusukan. Pengasapan ikan berbeda-beda menurut jenis teknologi pembakaran yang digunakan dan dapat dikategorikan sebagai berikut:

**Jenis-jenis pengasapan :**

- a. Pengasapan dingin (*Cold smoking*): Dalam metode ini, suhunya tidak cukup tinggi untuk memasak ikan. Biasanya tidak lebih tinggi dari 35 °C.
- b. Pengasapan panas: Dalam metode ini, suhunya cukup tinggi untuk memasak ikan. Pengasapan panas sering kali menjadi metode yang disukai.

Secara khusus, pengasapan ikan adalah metode pengawetan ikan yang paling banyak dipraktikkan di Ghana dan Nigeria, menggunakan tungku tradisional dengan suhu pembakaran kayu antara 300 dan 700 °C (untuk kayu pembakaran) biasanya 70–80°C dari suhu oven, hal ini di karenakan prosesnya membutuhkan lebih sedikit kontrol daripada pengasapan dingin dan umur simpan produk pengasapan panas lebih lama karena ikan diasapi sampai kering. Pengasapan panas mengkonsumsi lebih banyak bahan bakar daripada metode pengasapan dingin. Keutuhan produk ikan asap menggunakan tungku tradisional tergantung pada faktor-faktor berikut: jenis kayu yang digunakan untuk proses pengasapan; suhu yang digunakan; durasi pengasapan; jenis tungku yang digunakan; kedekatan ikan dari api; jenis ikan yang diasapi; dan kandungan lemak ikan . tantangan yang utama dengan teknologi *kiln* tradisional yang umum di Nigeria, dan Afrika Barat secara umum, ada hubungannya

dengan desain sistem pengaturan suhu, yang menimbulkan kesulitan bagi penjual ikan komersial yang mengoperasikan jenis teknologi ini.

Suhu pengasapan menghasilkan pengeluaran berbagai bahan kimia antioksidan dan antimikroba seperti polisiklik aromati hidrokarbon (PAH), fenol, aldehida, dan asam asetat. Beberapa di antaranya diketahui bersifat karsinogenik, mutagenik, dan mengganggu endokrin. PAH yang dihasilkan dalam asap kayu diketahui berasal dari pirolisis termal (depolimerisasi) lignin dan kondensasi selanjutnya dari komponen lignin dalam lignoselulosa pada suhu di atas 350°C. Arang yang digunakan karena filter dalam tungku pengasapan tradisional yang dimodifikasi efektif dalam menghilangkan PAH dari asap yang dihasilkan, oleh karena itu berpotensi menimbulkan sedikit atau tidak ada efek kesehatan pada konsumen. Oleh karena itu, penerapan metode ini dapat membantu mengurangi tingkat efek kesehatan terkait PAH seperti kanker dan penyakit terkait kanker lainnya. Praktek pengolahan ikan tradisional tertentu beresiko pada bahaya kerja dan kesehatan bagi konsumen, pengolah, dan lingkungan.

Ikan lele asap/ikan tunggal dari penjual ikan komersial menggunakan tungku pengasapan tradisional menunjukkan peningkatan tingkat PAH dibandingkan dengan *kiln* modern. Studi ini menunjukkan bahwa tren ini mungkin terkait dengan meningkatnya kasus kanker dan penyakit terkait kanker. Umumnya, ikan yang diasap dengan kayu keras (misalnya akasia dan bakau) memiliki jangka waktu yang lebih lama ( $\geq 4$  jam) ketika digunakan sebagai bahan bakar pengasapan ikan, menggunakan tungku tradisional mungkin tidak aman untuk dikonsumsi, tetapi ikan yang diawetkan dengan ampas tebu menggunakan kiln tradisional adalah yang paling aman dan merupakan praktek pengasapan ikan terbaik untuk pengasapan jangka pendek. Mungkin akan ada beberapa potensi peningkatan risiko kanker dan penyakit

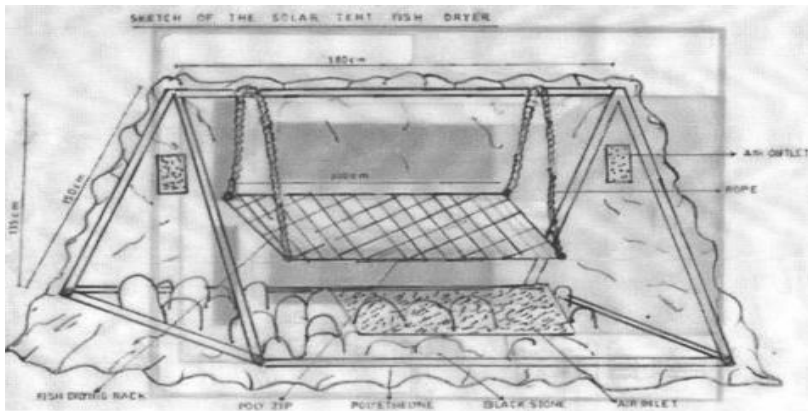
non-kanker yang terkait dengan konsumsi mackerel dan sarden seumur hidup (70 tahun) yang dapat disembuhkan dengan asap dengan kayu keras, terutama pada durasi pengasapan yang lebih lama karena kandungan lipidnya yang tinggi.

Paparan asap dari pembakaran biomassa bahan bakar, termasuk kayu bakar, merupakan faktor risiko utama untuk beberapa penyakit pernapasan, seperti asma, penyakit paru obstruktif kronik (PPOK), infeksi saluran pernapasan, dan kanker paru-paru. Sebuah studi di komunitas nelayan pedesaan Obaka telah menunjukkan bahwa prosesor wanita terkena peningkatan risiko PPOK lebih tinggi dibandingkan dengan wanita yang tidak bekerja di unit pengasapan ikan.

Asap tersebut juga menyebabkan pembengkakan mata/kemerahan, penglihatan yang buruk, ruam, eksim, wasir, rematik, diare, disentri, dan demam. Pengolah ikan juga bisa terkena partikel asap yang mengandung karsinogen potensial atau terkonfirmasi seperti PAH. Bentuk pekerjaan yang lebih ringan bahaya yang terkait dengan pengolahan ikan termasuk sengatan dari duri ikan, potongan kecil, dan goresan. Secara keseluruhan, status sosial ekonomi, gizi buruk, paparan terhadap orang lain, sumber polusi udara dalam ruangan seperti obat nyamuk bakar dan lampu minyak tanah, dan risiko cedera, dikombinasikan dengan buruknya akses ke sanitasi dan fasilitas kesehatan, meningkatkan risiko mengembangkan bahaya kesehatan terkait dengan pengasapan ikan. Selain itu, penggunaan kayu bakar sebagai energi utama sumber di tungku pengasapan tradisional telah menarik beberapa kritik lainnya atas dasar ekonomi dan konsekuensi lingkungan. Pasokan kayu bakar ditandai dengan kelangkaan, menjadikannya mahal untuk pengasapan ikan. Prakteknya juga memakan waktu dan dianggap boros karena sedikitnya jumlah ikan yang diasapi suatu waktu. Meskipun perlakuan panas mungkin berdampak pada nilai



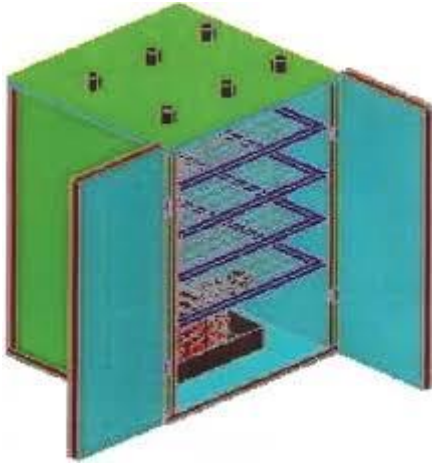
gizi ikan yang diawetkan secara tradisional, kualitas keseluruhan telah terbukti tidak memiliki perbedaan yang signifikan dari ikan segar atau mentah. Dalam banyak kasus, pengurangan nilai gizi mungkin karena metode yang digunakan untuk analisis daripada karena dampak intervensi.



**Gambar 5.6.** Alat Pengasap Tradisional  
Sumber: Rakhmawati (2017)



**Gambar 5.7.** Pengasapan Ikan Tradisional  
Sumber : [www.regionalkompas.com](http://www.regionalkompas.com)

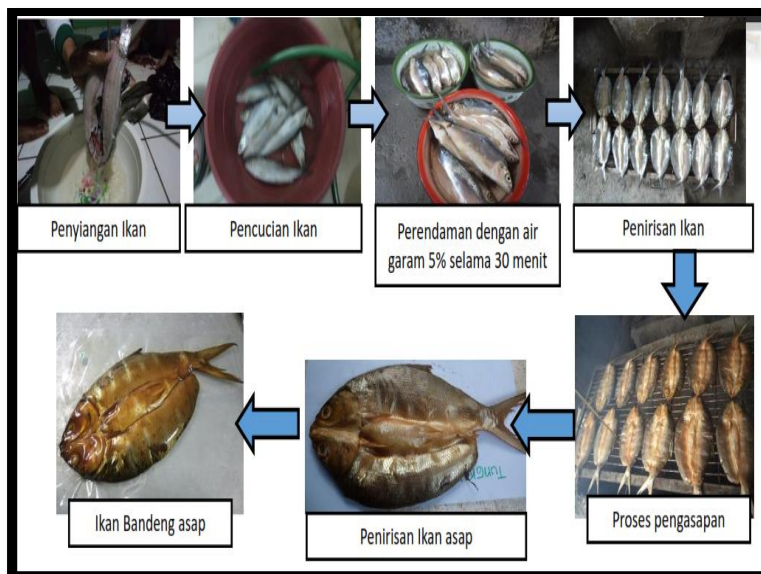


**Gambar 5.8.** Prosedur pengasapan ikan dengan *cabinet dryer*  
Sumber : <https://agricultureandfoodsecurity>.

Pada prinsipnya proses pengasapan merupakan gabungan dari proses penggaraman (perendaman), pengeringan atau pemanasan (*drying*) dan pengasapan. Sebelum diasap, ikan sering diasinkan atau direndam dalam larutan air garam dengan konsentrasi tertentu. Tujuan penggaraman adalah untuk memperlancar proses pengawetan ikan, karena garam mempunyai fungsi bakterisida sehingga dapat membunuh mikroorganisme pembusuk. Selain itu, garam juga berperan dalam mengatur rasa, menciptakan tekstur dan membantu partikel asap menempel di tubuh ikan. Selama proses pemanasan, air dikeluarkan dari jaringan tubuh ikan atau menguap sehingga dapat menurunkan kadar air dalam tubuh ikan. Penurunan ketinggian air akan mengurangi kemungkinan kerusakan kimia dan mikrobiologis pada tubuh ikan. Kecepatan proses pengambilan air (kecepatan pengeringan) dapat dilakukan dalam dua tahap, yaitu:

Selain itu, garam juga berperan dalam mengatur rasa, menciptakan tekstur dan membantu partikel asap menempel di tubuh ikan. Selama proses pemanasan, air dikeluarkan dari jaringan tubuh ikan atau menguap sehingga dapat menurunkan kadar air dalam tubuh ikan. Penurunan ketinggian air akan mengurangi kemungkinan kerusakan kimia dan mikrobiologis pada tubuh ikan. Kecepatan proses pengambilan air (kecepatan pengeringan) dapat dilakukan dalam dua tahap, yaitu:

- a. *Constant drying rate* atau laju pengeringan konstan atau laju kadar air yang terus menurun pada permukaan tubuh ikan. Laju penurunan kadar air akan semakin meningkat bila laju pergerakan udara di atas permukaan tubuh ikan meningkat.
- b. *Falling drying rate* atau kecepatan pengeringan menurun atau kadar air berkurang dengan sangat cepat. Kecepatan ini bergantung pada kecepatan air bergerak dari dalam ke luar tubuh ikan. Faktor yang mempengaruhinya antara lain:
  - Keadaan atau kondisi daging ikan (semakin segar ikan maka semakin lama waktu yang dibutuhkan air untuk terpisah dari tubuh ikan)
  - Kekentalan daging ikan (semakin kental daging ikan maka semakin lama proses pemisahan air dari tubuh ikan);
  - Suhu (Semakin tinggi suhu maka semakin cepat pula pergerakan air dari permukaan tubuh ikan).



**Gambar 5.9.** Prosedur pengasapan ikan bandeng secara tradisional

Sumber: Sumartini *et al.*,(2014)

*Falling drying rate* akan menurunkan kadar air sehingga ikan akan lebih awet. Selain itu, senyawa kimia pada asap juga penting dalam membunuh bakteri dan mencegah oksidasi lemak dalam tubuh ikan. Semua kondisi ini membantu memperpanjang umur ikan dan menunda pembusukan atau penurunan kualitas ikan. Oleh karena itu, dampak penting dari proses pengasapan adalah menempelnya partikel asap kimia dalam bentuk uap ke tubuh ikan. Senyawa kimia yang sangat penting tersebut adalah fenol dan formaldehida. Reaksi kimia asap menyebabkan beberapa bakteri mati dan bakteri lainnya menghambat aktivitasnya. Selain itu, proses pengasapan akan menyebabkan senyawa kimia masuk ke dalam tubuh ikan dan kehilangan sebagian cairan tubuh ikan. Lapisan senyawa kimia ini akan menghambat masuknya oksigen dari udara di sekelilingnya ke dalam tubuh ikan yang dapat

menyebabkan ketengikan atau oksidasi. Lapisan penghambat ini disebut dengan barrier oksidasi.

Pada dasarnya, ada dua cara utama merokok: pengasapan dingin dan pengasapan panas. Ada dua jenis pengasapan: pengasapan panas dan pengasapan dingin. Pengasapan dingin bergantung pada proses pengeringan, sehingga pengasapan dingin menghasilkan ikan asap dengan umur simpan yang lama, khususnya beberapa bulan. Daging ikan asap yang kering menyebabkan kadar air pada ikan mencapai 40%. Sedangkan pengasapan panas adalah pengasapan yang bergantung pada panas selama prosesnya.

### **5.3. Ikan Pindang**

Pindang merupakan hasil pengolahan ikan dengan memadukan perebusan (memasak) dan penggaraman. Produk yang dihasilkan merupakan produk ikan kaleng dengan kadar garam rendah. Pemmindangan adalah suatu teknik pengolahan dan pengawetan dengan cara merebus/memasak ikan dalam lingkungan asin selama jangka waktu tertentu dalam suatu wadah kemudian dikurangi kadar airnya hingga jumlah tertentu. batas terjadi (Pandit, 2004).

Ikan pindang kaya akan vitamin A dan D dengan kandungan protein 15-24%. Ikan pindang juga digemari masyarakat luar Indonesia. Di beberapa negara tetangga, ikan pindang juga mempunyai nama lain. Pembuatan ikan pindang bisa dilakukan dengan berbagai cara, tergantung jenis ikan dan wadah yang digunakan. Pada prinsipnya produksi ikan pindang meliputi banyak tahapan, yaitu: Pemilihan bahan baku. Ikan yang akan diproses menjadi ikan pindang dipisahkan sesuai jenis, ukuran, dan tingkat kesegaran.

a. Persiapan peralatan dan bahan

Wadah yang digunakan untuk proses pemindangan bisa terbuat dari tanah liat atau besi/seng. Bila ikan tidak disusun secara langsung dalam tempat perebusan, maka diperlukan keranjang dari anyaman bamboo sebagai tempat menyusun ikan. Peralatan lain dan bahan yang diperlukan diantaranya pisau, timbangan, talenan, saringan, air, dan garam.

b. Penyiangan dan pencucian.

Ikan berukuran besar dibersihkan dengan membuang usus, insang, dan sisiknya. Ikan dipisahkan dan dipotong-potong sesuai ukuran yang diinginkan, kemudian Ikan yang berukuran sedang disiangi hanya dengan membuang organ dalam, insang dan sisiknya tanpa dipisahkan/dipotong. Pengeluaran isi lambung dilakukan dengan cara mengeluarkannya dari lubang insang agar dinding lambung tidak rusak atau robek. Ikan dicuci dengan air keran yang bersih. • Tuang ikan ke dalam keranjang dengan posisi rongga perut menghadap ke bawah agar air tidak menumpuk di rongga perut. Ikan ditimbang untuk menentukan jumlah garam dan bumbu yang ditambahkan selama proses menumis.

c. Penyusunan ikan.

Ikan disusun rapi dan rapi di dalam kotak/keranjang. Jika ikan langsung dimasukkan ke dalam panci hingga mendidih, bagian bawah panci dilapisi dengan anyaman bambu atau daun pisang kering agar ikan tidak menempel di dasar panci dan gosong.

e) Pemberian garam.

- Pemberian garam bermanfaat untuk memberikan cita rasa gurih, menurunkan konten air tubuh ikan, serta menghambat laju pertumbuhan bakteri pembusuk.
- Garam ditaburkan secara merata pada seluruh lapisan tubuh ikan. Garam yang digunakan secara fisik berbentuk kristal sekitar 5% - 25%. Setelah garam ditaburkan pada semua lapisan ikan, selanjutnya dilakukan penambahan air untuk selanjutnya tahap proses perebusan.
- Selain menggunakan garam kristal, proses pemindangan juga bisa menggunakan larutan garam yang dituangkan ke dalam wadah yang telah berisi ikan. Semua ikan harus terendam agar mutu dan rasa ikan pindang yang dihasilkan seragam.

f) Perebusan.

- Wadah ditutup rapat dan dilakukan proses perebusan selama 0,5 – 1 jam tergantung ukuran ikan yang diproses.
- Lakukan pengecekan secara berkala selama perebusan. Bila perlu, tambahkan air selama proses perebusan.
- Setelah selesai proses perebusan, ikan pindang ditiriskan dan didinginkan.
- Pengemasan dan penyimpanan.

Ikan pindang yang sudah matang didinginkan dan dikemas. Agar tidak terkontaminasi oleh kotoran luar, ikan pindang perlu dikemas dengan rapat dan hati-hati untuk menjamin kualitasnya. Jangan menyimpan ikan pindang di tempat yang panas dan lembab karena akan meningkatkan aktivitas enzim dan bakteri penyebab pembusukan. Ikan pindang yang dikemas dalam plastik

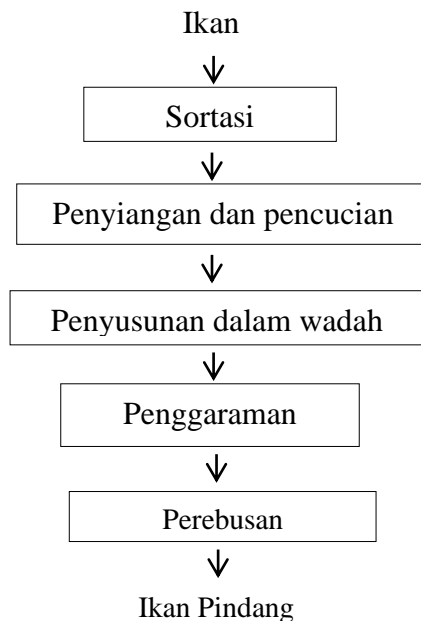
vakum memiliki umur simpan yang lebih lama dibandingkan metode pengemasan lainnya.

Produk pindang tradisional biasanya disimpan dalam wadah penyimpanan yang tertutup rapat. Setelah dijual ke pasar, ikannya tetap berada di dalam toples. Setiap cara atau langkah yang dilakukan dalam proses pengawetan produk ikan pindang akan mempengaruhi keawetan ikan pindang itu sendiri.



**Gambar 5.10.** Ikan Pindang

Sumber: <https://e-katalog.lkpp.go.id/katalog/produk/detail/2408027>



**Gambar 5.11.** Diagram alir pembuatan Ikan Pindang



## **Mekanisme pengawetan ikan pindang**

Mekanisme garam dalam pengawetan ikan pindang adalah terjadinya penguraian (plasmolisis) membran sel mikroba, karena NaCl mempunyai tekanan osmotik yang tinggi. Selain itu, NaCl bersifat higroskopis sehingga dapat menyerap air dari bahan, sehingga menyebabkan rendahnya aw bahan. Selain itu NaCl dapat menurunkan kelarutan oksigen sehingga menghambat pertumbuhan mikroorganisme aerob (Supardi dan Sukanto, 1999).

Mekanisme garam sebagai bahan pengawet pada makanan adalah garam mengalami ionisasi, setiap ion akan menarik molekul air disekitarnya. Proses ini disebut hidrasi ionik. Semakin tinggi kandungan garamnya, semakin banyak air yang tertarik ke ion hidrat. Larutan garam jenuh pada suhu tertentu adalah larutan yang telah mencapai suatu titik dimana tidak ada kemungkinan lain untuk melarutkan garam. Pada tahap ini, bakteri, ragi dan jamur tidak dapat lagi tumbuh. Hal ini disebabkan tidak adanya air bebas bagi mikroorganisme untuk tumbuh (Desrosier, 1988). Rasio garam/ikan bervariasi dari 10% hingga 35%. Saat masuk ke dalam tubuh ikan, garam menyerap air dan mengubah sifat protein. Daging menjadi buram (paque), tidak lengket dan mudah hancur. Proses ini memakan waktu 4 sampai 6 hari, kandungan garam pada daging ikan meningkat sekitar 20% dan ikan kehilangan 30% dari berat aslinya (Buckle et al, 1985).

Umur simpan ikan pindang bervariasi tergantung cara marinasi yang digunakan, mulai dari 2 hari hingga 3 minggu. Jika disimpan di luar ruangan, masa pengawetan ikan pindang hanya sekitar 2 hingga 3 hari. Ikan pindang besar seperti tuna memiliki umur simpan 54 kali lebih pendek dibandingkan ikan pindang kecil seperti ikan terbang atau kukang.

Pengemasan dan pengawetan ikan pindang harus mendapat perhatian agar kualitas ikan pindang tidak menurun. Wadah ikan harus tertutup rapat

untuk menghindari kontaminasi kotoran luar dan disimpan di tempat sejuk dan kering. Jangan menyimpan wadah di tempat yang panas atau lembab karena akan meningkatkan aktivitas bakteri dan enzim pembusuk.

## BAB 6

# PRODUK PERIKANAN MODERN

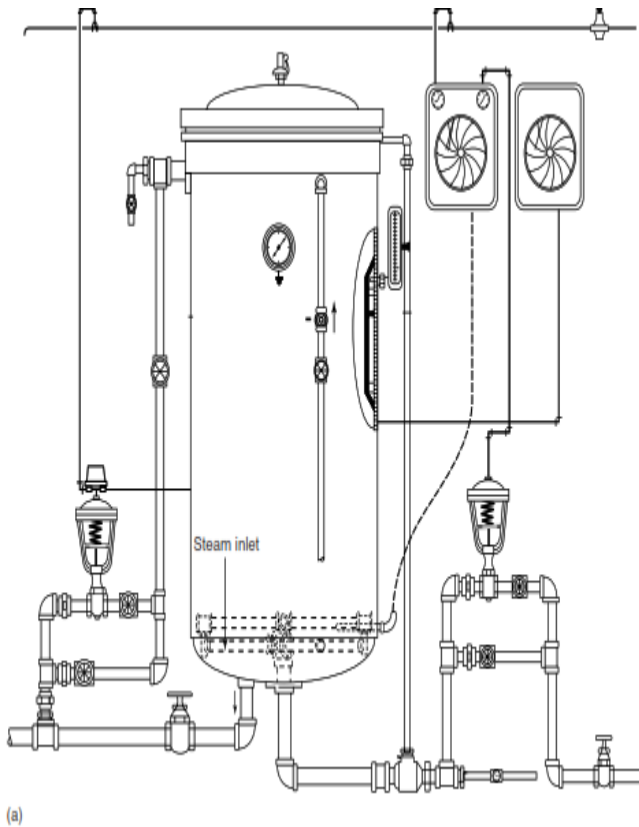
### 6.1 Ikan Kaleng

Pengalengan merupakan salah satu cara mengawetkan pangan melalui sterilisasi dalam kemasan kedap udara. Pengemasan kedap udara adalah pengemasan bahan pangan dalam wadah, baik kaleng, kaca, maupun aluminium, yang mempunyai segel yang sangat rapat terhadap udara, air, kerusakan atau perubahan oksidasi, sehingga tidak dapat meresap rasa. Tujuan pengalengan adalah untuk mengawetkan makanan (ikan) dan mencegah pembusukan dan pembusukan..



**Gambar 6.1.** Ikan Sardin

<https://sinoniayu.indramayukab.go.id/perusahaan/industri-pembuatan-ikan-kalengan-2/>



**Gambar 6.2** *Sterilizer*

Sumber: <https://www.secsoftgel.com/productinfo/4>

Sterilisasi dengan membunuh mikroorganisme sering dilakukan pada suhu tinggi; pakar industri makanan mendefinisikan waktu sterilisasi komersial adalah  $121,1^{\circ}\text{C}$ . Sterilisasi produk kalengan harus diatur berdasarkan karakteristik makanan kaleng. Perlakuan panas pada produk pangan dibedakan menjadi dua jenis, yaitu pangan dengan pH asam lemah ( $>4,6$ ) dan pangan dengan pH asam ( $<4,6$ ). Selain karakteristik bahan pangan, proses sterilisasi yang digunakan bergantung pada jumlah mikroba awal, suhu penyimpanan, keberadaan bahan pengawet lain, aktivitas air, dan bahan produk serta ukuran dan jenis kemasan.

Proses sterilisasi dilakukan setelah kotak buah ditutup dan dimasukkan ke dalam mesin dehydrator/retort/retort. Berdasarkan sistemnya, sterilisasi dibedakan menjadi 2, yaitu sterilisasi wadah atau pengolahan aseptik. Dalam hal sterilisasi wadah, sterilisasi dilakukan pada saat wadah produk ditutup, kemudian wadah disterilkan menggunakan autoklaf. Pengolahan aseptik merupakan proses sterilisasi dimana produk dan kemasan kaleng disterilkan secara terpisah, kemudian produk dimasukkan ke dalam kotak di ruangan steril. Tergantung pada jenis mesinnya, autoklaf dibagi menjadi 2 jenis: autoklaf vertikal dan autoklaf horizontal. Umumnya pada industri pengalengan buah, autoclave yang digunakan berbentuk horizontal.

*Retort* adalah alat sterilisasi berbentuk tabung bertekanan tinggi untuk makanan kaleng. Prinsip pengoperasian mesin uap destilasi adalah memanaskan panci destilasi dan menguapkan air hingga membentuk uap panas. Seiring berjalannya waktu, uap panas ini akan menggantikan udara di dalam ketel, sehingga panas murni tetap berada di dalam ketel. Uap panas murni digunakan untuk memanaskan bahan makanan yang terdapat dalam kaleng/kaleng.

Komponen-komponen penting pada *retort* adalah :

1. Dinding retort: bahan yang digunakan untuk retort adalah plat baja dengan ketebalan minimal  $\frac{1}{4}$  inch dan pintu retort dilengkapi dengan kunci pengaman karena tekanan didalam retort sangat tinggi.
2. Steam spreader: pada retort horizontal dilengkapi steam spreader sepanjang retort agar uap panas dapat tersebar secara merata di dalam retort
3. Vent: tempat keluarnya udara sebelum proses venting time dimulai, dikontrol dengan gate valve sehingga hanya tersisa uap panas murni di dalam retort. Selanjutnya,
4. Thermometer: untuk membaca suhu didalam retort.

5. Manometer/pressure gauge: alat untuk mengukur tekanan, didalam mesin retort tekanan yang digunakan berkisar 0-31 psi.
6. Keran-keran pipa: untuk keluar masuk air dan uap.
7. Bleeder: untuk masuknya uap/steam.
8. Alat pencatat suhu/waktu: setiap retort harus dilengkapi setidaknya satu alat pencatat suhu/waktu. Pencatat dapat dikombinasikan dengan pengatur uap dan dapat berupa alat pencatat dan pengatur, nantinya alat pencatat akan mencatat setiap perubahan suhu/waktu di kertas grafik.

Tahapan penting proses sterilisasi kaleng buah menggunakan mesin *retort* adalah:

**(1) Proses venting** : adalah proses mengeluarkan udara dari autoklaf sebelum proses sterilisasi dimulai. Secara umum, kandungan udara dalam penyulingan antara 70 dan 80% dan harus dihilangkan karena untuk memanaskan kotak buah, yang digunakan uap panas jenuh murni, bukan udara. Adanya udara akan menghambat perpindahan panas ke dalam kotak karena udara bersifat isolator (penghambat panas).

Proses venting diawali dengan mengeluarkan sisa air dalam autoklaf melalui nozzle, kemudian uap panas dimasukkan ke dalam autoklaf melalui trap dan sekaligus membuka saluran ventilasi agar udara dapat keluar dari autoklaf. Sterilisasi tidak boleh dimulai sampai venting selesai dan suhu proses pada bejana leher bengkok telah tercapai. Ketika suhu ini tercapai, saluran ventilasi ditutup sehingga hanya uap panas jenuh murni yang tersisa di dalam panci distilasi. Biasanya, bagan distribusi suhu dibuat di autoklaf untuk memastikan proses ventilasi selesai.

**(2) Come Up Time/ CUT** : adalah waktu yang diperlukan untuk menaikkan suhu proses hingga mencapai suhu autoklaf yang diinginkan. Ketika uap panas

dimasukkan dan saluran ventilasi ditutup, suhu di dalam penyuling akan meningkat. Total waktu yang diperlukan dari awal proses ventilasi hingga tercapai suhu reaksi yang diinginkan disebut Come Up Time /CUT.

**(3) Proses sterilisasi/cooking :** Pada buah-buahan kalengan, proses sterilisasi disebut juga dengan proses pemasakan. Setelah dikalengkan, ia memasuki unit distilasi melalui konveyor yang sedang berjalan/ke dalam sistem batch melalui rak. Suhu yang digunakan untuk memasak tergantung pada karakteristik makanan (pH asam rendah  $> 4,6$  atau pH asam  $<4,6$ ), jumlah mikroba awal, suhu penyimpanan, adanya bahan pengawet lain, aktivitas air, bahan produk, dll. seperti ukuran. dan jenis kemasan. Saat memasak buah kalengan, suhu yang digunakan adalah  $96-105^{\circ}\text{C}$  hingga  $104-106^{\circ}\text{C}$  tergantung ukuran kalengnya.

Penentuan waktu dan suhu sterilisasi sebaiknya dilakukan dengan pengujian perpindahan panas hingga tercapai nilai sterilitas yang diinginkan. Nilai sterilitas/nilai panas cukup ( $F_0$ ) harus menjamin keamanan produk pangan. Mesin yang digunakan untuk proses memasak sudah terkenal di industri pengalengan buah adalah *Continous Cooker Cooler (CCC)*, *Food Machinery (FMC)*, dan *Low Temperature Cooker Cooler (LTCC)*.

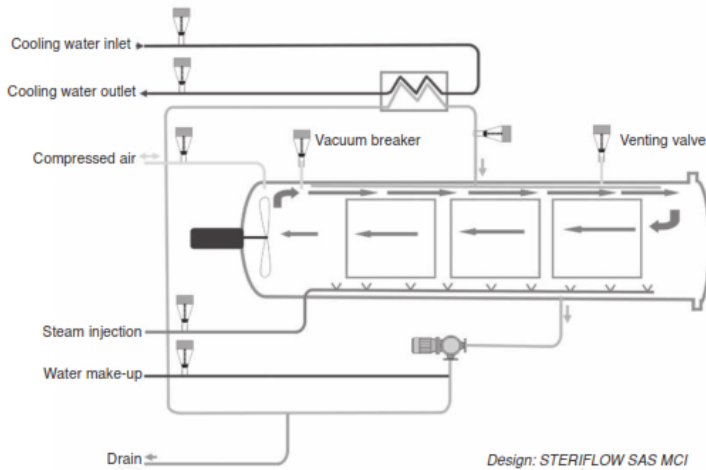
**(4) Pendinginan/cooling:** Setelah melalui proses sterilisasi/memasak, langkah selanjutnya adalah pendinginan. Suhu yang digunakan untuk proses pendinginan bervariasi antara  $32^{\circ}\text{C}$  hingga  $40^{\circ}\text{C}$ . Suhu tersebut merupakan suhu optimal untuk mendinginkan produk di dalam kotak, karena jika produk didinginkan di bawah  $32^{\circ}\text{C}$  berisiko terbentuk tetesan air di permukaan kotak sehingga menimbulkan karat. Menggunakan suhu yang lebih tinggi dari  $40^{\circ}\text{C}$  sebagai suhu pendinginan akan menyebabkan proses pendinginan menjadi lebih lama. Proses pendinginan biasanya dilakukan dengan cara merendamnya dalam air atau menyemprotkannya dengan penyebar. Air yang digunakan untuk

mendinginkan kotak buah biasanya adalah air yang dicampur dengan kaporit dan didinginkan dengan cara direndam. Kadar sisa klorin minimum dalam air adalah 0,5 ppm dan maksimum 1,0 ppm. Air yang diklorinasi digunakan untuk menghindari kontaminasi ulang makanan kaleng dengan mikroorganisme.

Parameter proses perlakuan panas yang tepat pada proses sterilisasi, selain karakteristik produk dan dimensi kemasan, juga penting untuk mengetahui nilai ketahanan mikroba terhadap panas yang diberikan. Ketahanan panas suatu mikroorganisme dinyatakan dengan nilai D dan Z, nilai D adalah waktu yang diperlukan pada suhu tertentu untuk membunuh 90% populasi mikroba target pada saat sterilisasi dan nilai Z adalah suhu yang diperlukan untuk menyesuaikan nilai D hingga 90%. . Nilai D tergantung pada suhu yang digunakan, semakin tinggi suhu maka semakin kecil nilai D, artinya semakin tinggi suhu sterilisasi yang digunakan maka waktu pengerjaan akan semakin singkat, karena bakteri target akan mati pada saat proses sterilisasi.

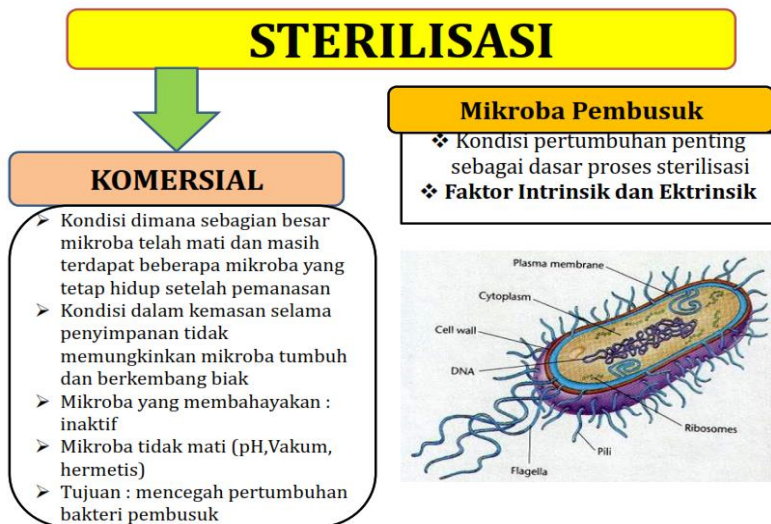
Dari parameter nilai D dan Z terlihat bahwa kombinasi suhu dan waktu harus diperhatikan agar proses sterilisasi cukup mampu membunuh bakteri sasaran. bakteri target ke tingkat aman yang dinyatakan sebagai nilai  $F_0$  (dalam menit). Proses sterilisasi retort akan optimal jika diketahui parameter-parameter yang mengoptimalkan perlakuan panas kaleng buah. Catatan yang harus disimpan selama proses sterilisasi uap autoklaf meliputi waktu uap (steam on time), waktu dan suhu ventilasi (ventilation time and temperatur), proses sterilisasi lengkap dan waktu disana. agar uapnya mati (waktu steam off).





**Gambar 6.3** Skema Steirflow

Sumber: <https://www.secsoftgel.com/productinfo/4748.html>



**Gambar 6.4** Sterilisasi komersial

Sumber: Sumartini (2020)

Sterilisasi komersial adalah suatu kondisi dimana sebagian besar bakteri mati dan beberapa bakteri masih hidup setelah dipanaskan. Kondisi pengemasan (kaleng/botol/kantong retort) selama penyimpanan tidak

memungkinkan bakteri tumbuh dan berkembang biak. Sedangkan sterilisasi lengkap adalah sterilisasi yang bertujuan untuk membunuh mikroorganisme agar tidak dapat berkembang biak lagi di dalam wadah/makanan.

Prinsip dasar sterilisasi adalah memperpanjang umur simpan pangan dengan cara memusnahkan mikroorganisme yang ada di dalamnya. Mikroorganisme yang tumbuh pada produk makanan sering kali lebih cepat mengkontaminasi dan merusaknya.



**Gambar 6.5.** Diagram alir prosedur sterilisasi  
Sumber: Sumartini (2020)

### **Pengisian (*Filling*)**

Jika makanan sudah benar-benar siap, langkah proses pengalengan selanjutnya adalah pengalengan. Selama proses pengisian, harus berhati-hati agar kotak tidak terlalu penuh. Perlu adanya ruang atau biasa disebut *head space* agar pada saat proses sterilisasi masih ada ruang untuk mengembangnya isi.

### **Pembuangan Gas atau *Exhausting***

Berikutnya adalah fase eliminasi atau pembuangan gas. Tujuan utama dari langkah ini adalah mengeluarkan udara dari kemasan untuk menghindari tekanan udara yang berlebihan. Langkah ini juga bertujuan untuk mengurangi proses korosi. Awalnya akan melibatkan proses *thermal exhaustion*, yaitu mengisi wadah dengan bahan yang telah dipanaskan sebelumnya sehingga gas dapat keluar. Jika gas keluar, kaleng segera ditutup dan diisi pada suhu tinggi 71°C hingga 82°C.

### ***Seaming***

*Seaming* di adalah pemasangan tutup kotak dilakukan secara akurat dan rapi untuk menghindari faktor-faktor yang merusak produk. Langkah ini juga untuk menghindari serbuan bakteri sehingga produk tidak layak dikonsumsi. Proses penutupannya menggunakan alat khusus. Namun produk dan kemasannya harus diperiksa terlebih dahulu. Tujuannya adalah untuk memastikan bahwa ruang kosong yang disebutkan pada poin sebelumnya memenuhi persyaratan. Setelah proses penyegelan, kemasan akan dibersihkan dengan campuran air panas dan larutan H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>. Kaleng tersebut kemudian dibilas dengan air bersih

### **Sterilisasi**

Saat mengolah makanan kaleng, langkah sterilisasi sangatlah penting. Langkah ini dilakukan dengan memanaskan kemasan beserta isinya pada suhu tertentu, tergantung jenis makanan yang dikandungnya. Waktu pemanasan juga berbeda-beda tergantung makanannya.

## Cooling

**Cooling** berarti pendinginan. Pendinginan dilakukan dengan cara memanaskan produk kemudian memindahkannya ke tempat yang bersuhu rendah. Tujuannya adalah untuk memastikan tidak ada spora bakteri yang dapat merusak makanan dan tidak terbunuh sepenuhnya pada proses sebelumnya. Pendinginan dilakukan hingga suhu lebih tinggi dari suhu ruangan normal. Hal ini harus diperhatikan agar tetesan air yang tersisa pada kemasan dapat lebih cepat menguap dan terhindar dari korosi dini.

## Finishing serta Checking

Selanjutnya akan dilakukan pemeriksaan terhadap produk yang telah melewati seluruh tahapan di atas. Pemeriksaan ini dilakukan untuk memastikan kondisi dan berat produk sesuai dengan peraturan yang berlaku. Jika produk lolos tahap ini maka siap didistribusikan.



**Gambar 6.6.**Kandungan Gizi Ikan Sarden Kaleng  
**Sumber:** Sumartini (2020)

Sarden kaya akan omega-3, khususnya EPA (eicosapentaenoic acid) dan DHA (docohexaenoic acid), sejenis lemak tak jenuh yang diduga memiliki banyak manfaat bagi kesehatan (IFT Fishing 2013). Ikan sarden mengandung 1.381 mg/100 gram EPA dan 1.138 mg/100 gram DHA. EPA merupakan asam lemak tak jenuh yang mempunyai sifat melebarkan pembuluh darah, mencegah perubahan cairan darah, menurunkan tekanan darah, menurunkan trigliserida dalam cairan darah, meningkatkan HDL (*high-density lipoprotein*) yaitu kolesterol baik, menghilangkan LDL (*low-density*). Lipoprotein merupakan kolesterol jahat sehingga dapat mencegah penyakit jantung, mencegah obesitas karena menghambat perkembangbiakan sel lemak dan mencegah terjadinya beberapa jenis alergi. DHA adalah asam lemak tak jenuh, bersama dengan EPA, vitamin F, yang mengaktifkan sel-sel otak. Fungsi lain dari DHA adalah menurunkan kadar kolesterol dalam cairan darah, mencegah perubahan cairan darah, mencegah kanker, mencegah histamin penyebab alergi dan memperlambat proses penuaan (Ghufran 2011 dalam Triyatna 2013). FAO menyatakan komposisi ikan lemuru pada kondisi sejuk dan kering adalah:

**Tabel 4.1.** Komposisi kimia ikan sarden menurut FAO

Komposisi Kimia dalam 100 gram Daging Ikan Sarden			
	Segar	Kering	Satuan
<b>Energi</b>	112	170	Kalori
<b>Lemak</b>	3,2	1,1	Gram
<b>Protein</b>	19,4	37,4	Gram
<b>Karbohidrat</b>	0	0	Gram
<b>Air</b>	76	45,5	Persen

<b>Serat</b>	0	0	Gram
<b>Abu</b>	1,4	16	Gram
<b>Kalsium</b>	96	228	Miligram
<b>Fosfor</b>	220	315	Miligram
<b>Besi</b>	1,4	3,6	Miligram
<b>Natrium</b>	61	0	Miligram
<b>Kalium</b>	420	0	Miligram
<b>Thiamin</b>	0,01	0,01	Miligram
<b>Riboflavin</b>	0,07	0,1	Miligram
<b>Niasin</b>	7,6	14,5	Miligram

Sumber : Syamsiar (1986) dalam Sonnino (2012)



**Gambar 6.7.** Kerusakan Tekstur Dan Daya Cerna Produk Kaleng  
 Sumber: Sumartini (2020)

## **Kerusakan pada Produk Kaleng**

Kerusakan pada produk kaleng, khususnya produk ikan kaleng, terbagi menjadi dua jenis, yaitu kerusakan karena kesalahan pengolahan dan kerusakan karena kebocoran. Pada dasarnya kerusakan utama pada makanan kaleng disebabkan oleh perlakuan panas yang tidak sempurna dan kontaminasi ulang setelah pengolahan. Pembusukan makanan kaleng dapat disebabkan oleh tiga faktor, yaitu tutup yang bengkok, kontaminasi bakteri dari air cucian atau air pendingin, dan tidak berfungsinya peralatan pengalengan (Fadli, 2011).

Menurut Anggraini *et al.*, (2013), kerusakan-kerusakan yang terjadi pada pengalengan sebagai berikut :

- i. *Flipper*, yaitu kaleng terlihat normal, tetapi bila salah satu tutupnya ditekan dengan jari, tutup lainnya akan mengembung.
- ii. Kembang sebelah atau *springer*, yaitu salah satu tutup kaleng terlihat normal, sedangkan tutup lainnya kembang. Tetapi jika bagian yang kembang ditekan akan masuk ke dalam, sedangkan tutup lainnya yang tadinya normal akan menjadi kembang.
- iii. Kembang lunak, yaitu kedua tutup kaleng kembang tetapi tidak keras dan masih dapat ditekan dengan ibu jari.
- iv. Kembang keras, yaitu kedua tutup kaleng kembang dan keras sehingga tidak dapat ditekan dengan ibu jari. Pada kerusakan yang sudah lanjut dimana gas yang terbentuk sudah sangat banyak, kaleng dapat meledak karena sambungan kaleng tidak dapat menahan tekanan gas dari dalam.

Menurut Mayasari (2013), kerusakan yang dapat terjadi pada bahan pangan yang dikemas dengan kemasan kaleng terutama adalah kerusakan kimia, meski demikian kerusakan biologis juga dapat terjadi. Kerusakan kimia yang paling banyak terjadi pada makanan yang dikemas dengan kemasan

kaleng adalah hydrogen swell yang terjadi karena adanya tekanan gas hidrogen yang dihasilkan dari reaksi antara asam pada makanan dengan logam pada kaleng kemasan. Kerusakan lainnya adalah :

- a. Interaksi antara bahan yang digunakan dalam produksi pengalengan, khususnya Sn dan Fe, dengan pangan dapat menyebabkan perubahan yang tidak diinginkan. Kerusakan tersebut dapat berupa perubahan warna pada bagian dalam kotak, perubahan warna pada makanan kemasan, hilangnya rasa pada makanan kemasan, kekeruhan pada sirup, karat atau terbentuknya lubang pada logam, hilangnya nutrisi.
- b. Kerusakan mikrobiologis pada makanan kaleng dapat disebabkan oleh peningkatan resistensi bakteri terhadap panas setelah sterilisasi. Kotak yang rusak setelah proses sterilisasi menciptakan kondisi bagi mikroorganisme untuk masuk ke dalam kotak. Kotak yang rusak menciptakan kondisi bagi mikroorganisme untuk masuk pada lapisan kotak atau terjadi gesekan selama proses pengalengan. Mikroorganisme juga dapat masuk pada saat proses pengalengan jika wadah terkontaminasi, terutama jika wadah lembab. Kerusakan juga dapat terjadi akibat hilangnya ruang hampa di dalam kotak, sehingga memungkinkan mikroorganisme berkembang biak.
- c. Karat (korosi) adalah terbentuknya lapisan lepas peroksida berwarna coklat kemerahan akibat korosi produk pada permukaan bagian dalam kotak. Pembentukan karat membutuhkan banyak oksigen, sehingga karat sering muncul di bagian atas kotak. Karat pada bungkus kaleng dapat menyebabkan Sn bermigrasi ke dalam makanan kemasan.



# STERILISASI IKAN

## PENGOLAHAN SUHU TINGGI



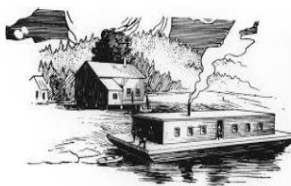
**Pengalengan** : Teknik umum untuk pengawetan pangan dengan cara sterilisasi menggunakan panas untuk mencegah kerusakan mikrobiologis.

**Tujuan pemanasan :**

Mengurangi jumlah mikrobia sampai level aman/rendah

Penyebab bahaya dan off flavor atau off odor. Membentuk lingkungan dalam kemasan yang dapat menghambat pertumbuhan mikrobia

1. Menghilangkan oksigen
2. Pengendalian pH
3. Pengendalian suhu penyimpanan
4. Menjamin penutupan kemasan kaleng secara hermetis -dapat mencegah rekontaminasi



**Gambar 6.8.** Sterilisasi Ikan Kaleng  
Sumber: Sumartini (2020)

## PENGALENGAN IKAN

- Pengalengan adalah cara pengawetan pada suatu wadah yang tertutup dan steril.
- Ada dua macam metode pengalengan untuk ikan yaitu:
- Dikalengkan masih berupa ikan yang belum diproses (**raw material**)
- Dikalengkan berupa ikan yang sudah mengalami pengolahan

### Sarden mackerel



- Cara pertama yang terpenting adalah pemanasan selama sterilisasi serta
- memperhatikan rasa (taste) dan aroma produk.
- Cara kedua, pengolahan ikan harus baik untuk mendapatkan ikan masak yang enak.

### Sarden mackerel




**Gambar 6.9.** Proses Pengalengan  
Sumber: Sumartini (2020)

## MIKROBIA THERMOPHILIC LAIN

- Bacillus stearothermophilus, B. thermoacidurans, C. thermosaccolyticum
- -> Lebih tahan terhadap panas dibanding C. botulinum. -> optimal pertumbuhannya pada 50-55°C -> penyimpanan harus pada suhu di bawah 30°C

**BAKTERI THERMOFIL**



- **Inaktiviasi Enzim** : peroksidase, Pektinesterase, lipoksigenase, katalase, dan polifenoloksidase -> dapat menyebabkan kerusakan warna, tekstur dan flavor. Enzim peroksidase mempunyai resistensi tertinggi terhadap panas -> sebagai tolok ukur keberhasilan destruksi enzim.
- Mikroflora dalam bahan yang dikemas dalam kaleng -> dapat dihilangkan dengan pemanasan pada 100°C beberapa menit -> Mikrobia dalam bentuk spora : - B. Thermoacidurans dan C. pasteurianum -> menyebabkan rasa tawar -> rusak pada suhu sterilisasi -> Menambah rasa enak.

**Gambar 6.10.** Jenis Mikroba Thermofilik  
Sumber: Sumartini (2020)

### 6.2 Ikan Beku

Ikan beku adalah ikan yang telah mengalami proses pembekuan hingga mencapai suhu inti  $-18^{\circ}\text{C}$  atau lebih rendah. Proses pembekuan bertujuan untuk mengurangi pertumbuhan bakteri dan laju reaksi enzim dengan mengubah air tubuh ikan menjadi es batu pada suhu  $-10^{\circ}\text{C}$  atau lebih rendah. Ada empat metode pembekuan ikan yang dikenal luas hingga saat ini, yaitu (a) pembekuan dalam, udara dingin ( $-40^{\circ}\text{C}$ ) dimasukkan ke dalam ikan dengan kecepatan tertentu di dalam ruang atau ban berjalan; b) pembekuan kontak, yaitu ikan diletakkan langsung di atas permukaan logam yang dingin; (c) pembekuan kriogenik, yaitu ikan yang dibekukan dengan cara menyemprotkan nitrogen cair, dan (d) pembekuan perendaman, yaitu ikan

atau produk ikan yang direndam dalam larutan yang sangat dingin. (Ini telah dijelaskan secara rinci di Bab 3)

## **6.3 Value Added Product**

### **6.1.1. Bakso Ikan**



**Gambar 6.11.** Bakso Ikan Tenggiri

Sumber : <https://sukoharjo.pikiran-rakyat.com/kuliner/pr-2035105750/tips-dan-resep-bakso-ikan-tenggiri-agar-bisa-kenyal-dan-berserat>

Bakso ikan adalah produk pangan berbentuk bulat yang diperoleh dari campuran daging ikan (kandungan daging ikan minimal 50%) dan pati atau sereal dengan atau tanpa penambahan bahan tambahan pangan yang diizinkan oleh SNI. Jenis ikan yang bisa diolah adalah ikan yang berdaging putih seperti ikan tenggiri, tuna, dan keris. Ikan ini selain dagingnya berwarna putih, juga mengandung aktin dan miosin yang dapat membuat tekstur bakso semakin empuk dan nikmat. Hampir semua jenis ikan bisa digunakan untuk membuat bakso ikan, asalkan durinya tidak berserakan. Jika ingin membuat bakso dengan ikan yang harganya sedikit lebih mahal, Anda bisa memilih marlin, mackerel, kakap, kerapu atau nila. Jenis ikan yang biasa digunakan untuk membuat bakso adalah ikan tenggiri. Bakso ikan biasanya berwarna putih. Untuk membuat bakso putih salah satu caranya adalah dengan menggunakan

ikan dengan daging putih. Ikan tenggiri merupakan ikan air asin yang dagingnya berwarna putih, sehingga baksonya biasanya berwarna putih. Kalori bakso ikan: 128 kkal protein, 13,53 gram karbohidrat, 14,06 gram lemak 14.8g. Proses pembuatan bakso ikan meliputi langkah-langkah sebagai berikut (Waridi, 2004):

- ❖ Fillet bersih digiling menggunakan penggiling daging atau pemisah daging/pengolah makanan untuk mendapatkan daging cincang. Jika daging giling masih ada serat dan durinya, pisahkan terlebih dahulu. Cuci daging cincang selama kurang lebih  $\pm 10$  menit dalam mangkuk/panci dengan air dingin atau air es bersuhu  $5^{\circ}\text{C}$ . Suhu air cucian dijaga dengan menambahkan es serut.
- ❖ Cuci daging cincang dan tiriskan. Setelah ditiriskan, daging cincang dihaluskan bersama garam dan bumbu hingga adonan homogen. Kemudian masukkan tepung tapioka sedikit demi sedikit sambil diaduk rata hingga diperoleh adonan yang homogen. Saat membuat adonan kue ikan, tambahkan sekitar 15-20% es batu. Batu ini berfungsi untuk menjaga suhu tetap rendah dan menambahkan air pada adonan.
- ❖ Adonan yang sudah dihaluskan dibentuk menjadi bakso yang siap direbus. Ukurannya bisa super, ekstra besar, besar, sedang dan kecil. Berat tiap pil super besar sekitar 40 gram (25 butir/kg), ekstra besar 30 gram (ukuran 30), besar 25 gram (ukuran 40), ukuran sedang 25 gram (ukuran 50) dan ukuran kecil beratnya 15 gram ( ukuran 60). ).
- ❖ Bakso yang sudah matang diangkat dan ditiriskan, kemudian didinginkan. Pendinginan bisa dibantu menggunakan kipasa angin.
- ❖  Bakso dingin dikemas dalam kantong plastik dan disegel. Ukuran kemasan bisa  $\frac{1}{4}$  kg,  $\frac{1}{2}$  kg, 1 kg atau 5 kg tergantung permintaan pasar.

Setelah dikemas dalam plastik, bakso tersebut dikemas dalam karton atau kardus.

- ❖ Pada kemasan plastik atau karton dapat dicantumkan label yang menerangkan isi kemasan dan produsennya.
- ❖ Sebelum dipasarkan, bakso ikan bisa disimpan dalam lemari pendingin atau refrigerator bersuhu 5°C. Pada suhu ini bakso ikan bisa bertahan sampai 32 hari. Untuk pengiriman jarak jauh, bakso ikan perlu dikemas vakum, kemudian dibekukan dalam *contact plate freezer* dan disimpan dalam *cold storage*.

### 6.1.2. Surimi



**Gambar 6.12.** Surimi

Sumber : <https://koran-jakarta.com/>

Surimi merupakan produk aneka produk setengah jadi berupa daging ikan cincang atau daging cincang yang mengalami pencucian dengan air garam dingin, pengepresan, penambahan bahan tambahan (pengawet dingin), pengemasan dan pembekuan untuk dapat diolah kembali. menjadi banyak produk bernilai ekonomi tinggi. Surimi berbeda dengan daging krim, meski keduanya merupakan produk setengah jadi. Daging yang dikrim adalah daging yang telah digiling dengan cara digiling, ditumbuk atau lainnya. Struktur fisik

daging berubah ketika digiling atau dihaluskan, sedangkan sifat daging lainnya relatif tidak berubah. Sedangkan pada surimi, selain perubahan fisik juga terjadi perubahan sifat lainnya. Surimi adalah daging giling yang telah dicuci berkali-kali untuk menghilangkan sebagian besar darah, warna, bau, dan lemak. Selain itu, krioprotektan ditambahkan ke surimi untuk meningkatkan elastisitas gel surimi.

Krioprotektan adalah bahan yang sering ditambahkan pada proses produksi surimi, yang tidak langsung diolah menjadi produk lain tetapi disimpan terlebih dahulu pada suhu beku dalam waktu yang lama. Bahan yang biasa digunakan sebagai krioprotektan adalah gula (sukrosa dan sorbitol) dan fosfat. Fosfat umumnya digunakan dalam bentuk natrium tripolifosfat. Senyawa krioprotektif berfungsi melindungi produk surimi dari dehidrasi/dehidrasi yang terdapat pada struktur protein sehingga mencegah terjadinya denaturasi protein. Penambahan senyawa krioprotektif juga dapat mencegah kerusakan protein dan meningkatkan kemampuan menahan air pada produk surimi sehingga dapat memberikan sifat fisikokimia yang baik terutama pada pembentukan tekstur surimi. . Selain itu, fosfat dapat meningkatkan nilai pH dan kelarutan garam protein miofibril, serta elastisitas surimi.

### **Menyiangi ikan**

Menyiangi ikan adalah membersihkan ikan dengan cara membersihkan sisik, membuang insang dan isi perut. Penyiangan bertujuan untuk menghilangkan kotoran yang sebagian besar merupakan sumber mikroba yang terdapat pada tubuh ikan. Metode pembersihan ikan sangat tergantung pada ukuran ikan.

## **Membersihkan sisik ikan**

Sisik ikan adalah keping-keping tulang kecil, tipis, tembus cahaya, dan mengandung kapur yang menutupi tubuh ikan. Bentuk sisik ada yang bulat, lonjong atau segi empat. Ikan yang akan diolah, sisiknya harus dibuang atau dibersihkan terlebih dahulu. Pembersihan sisik bisa dilakukan secara manual ataupun menggunakan mesin. Berikut ini merupakan langkah-langkah dalam pembersihan sisik ikan secara manual :

Sisik ikan yang melekat pada tubuh ikan dibersihkan menggunakan pisau ukuran sedang atau besar, disesuaikan dengan ukuran ikan.

- ❖ Tangan kiri memegang ekor ikan, tangan kanan memegang pisau.
- ❖ Letakkan mata pisau pada bagian pangkal atau ekor, tekan pada sisiknya.
- ❖ Kemudian tarik pisau ke arah ujung (di bawah ujung) hingga sisiknya terlepas. Lakukan ini beberapa kali hingga semua sisiknya terlepas.
- ❖ Buang Insang dan Usus Ikan Insang merupakan alat pernapasan ikan yang terbuat dari serabut berwarna merah.
- ❖ Insang dan isi perut ikan harus dibuang karena merupakan sumber bakteri yang akan mempercepat penurunan kualitas ikan.
- ❖ Proses pembersihan insang dilakukan dengan cara membuka tutupnya dan mengeluarkan insang beserta isi perutnya. Cara ini digunakan untuk ikan kecil. Untuk ikan berukuran besar, pengeluaran isi perut dilakukan dengan menggunakan pisau kecil atau sedang untuk membuat sayatan dari bawah kepala hingga perut.
- ❖ Organ dalam dikeluarkan dan ikan dicuci dengan air mengalir. Semua organ dalam ikan harus dibuang. Jika organ dalam ikan tertinggal, hal ini dapat mempengaruhi kemampuan surimi untuk membentuk gel, karena kandungan enzim proteolitiknya tinggi dan jumlah bakteri pembusuk akan meningkat.

- ❖ Jika terdapat ikan olahan dengan jenis dan ukuran yang sama dalam jumlah banyak, maka penggunaan alat penyang ikan (mesin gutting) akan lebih efektif dan efisien.

### **Mencuci ikan**

Pencucian merupakan proses pembuangan kotoran dari dalam tubuh ikan baik berupa darah maupun kotoran lainnya. Ikan dicuci dengan air dingin (air es). Pencucian ikan sebaiknya dilakukan dengan air mengalir. Ikan yang sudah dicuci disimpan dalam tong, selalu ditambahkan es untuk menjaga suhu tetap rendah untuk diproses lebih lanjut.

### **Memisahkan tulang dan daging**

Pemanenan daging dapat dilakukan secara manual, yaitu dengan cara mengiris atau mengikis daging dengan sendok dan menggunakan alat deboner mekanis. *Fillet* ikan melibatkan pemisahan daging dari ikan dengan mengiris seluruh ikan untuk membuat irisan ikan tanpa sisik atau tulang. Untuk mengiris ikan, pisau yang digunakan harus sangat tajam. Langkah-langkah dalam proses pemanenan ikan adalah sebagai berikut:

Buatlah sayatan di belakang kepala dan insang, potong miring.

- Buatlah sebuah garis dengan ujung pisau sampai ke bagian ekor ikan.
- Kemudian potong kepala ikan hingga pisau berhenti pada tulang dan sirip ikan. Saat mendekati bagian ekor, pisau akan memotong daging ikan secara lurus.
- Jika ikan sudah terbelah sampai dibagian ekor, gunakan tulang belakang sebagai panduan menjalankan ujung pisau untuk mem*fillet*.
- Lakukan secara perlahan.



- Balikkan ikan dan lakukan langkah di atas di lokasi lain. Setelah daging dipisahkan dari tulangnya, dilakukan proses tanpa kulit yaitu memisahkan kulit ikan dari daging menjadi fillet. Daging fillet ikan yang dihasilkan adalah daging fillet yang bersih bebas tulang, duri, kulit, dan sisik ikan.
- ❖ Memisahkan tulang dan daging ikan menggunakan mesin meat bone separator lebih mudah dan praktis.
  - Ikan yang ingin dipisahkan tulang dan dagingnya harus disiangi dan dicuci terlebih dahulu. Setelah mesin deboning daging dihidupkan, ikan bersih dimasukkan ke dalam hopper mesin.
  - Daging akan dipotong-potong dan tulang ikan otomatis terpisah dari daging. Daging ikan otomatis akan berubah menjadi bubur.
  - Perlu menyiapkan wadah untuk menyimpan daging cincang dan ikan untuk diolah lebih lanjut.
  - Hasil yang diperoleh melalui proses ini adalah rendemen daging ikan sebesar 20 hingga 40% dari bobot ikan utuh. Banyaknya daging (hasil) tergantung pada jenis ikan dan efisiensi pengolahan.
  - Jika proses pembuangan daging dilakukan secara efektif, hanya sedikit daging dan ikan yang terbuang.

### **Menggiling ikan**

- Proses penggilingan daging ikan bertujuan untuk memecah serat otot sehingga meningkatkan kemampuan mengekstraksi protein yang larut dalam garam.
- Dengan menggiling daging diharapkan pada saat dicuci daging ikan mempunyai luas permukaan yang besar sehingga lebih banyak bersentuhan dengan air.

- Dengan lebih banyak kontak, pencucian akan lebih optimal. Alat yang digunakan untuk menggiling daging dan ikan adalah blender atau food processor.
- Selama proses penggilingan, daging ikan dan penggilingnya harus dingin, sehingga perlu ditambahkan es.
- Hal ini untuk menghindari kerusakan protein pada ikan. Jika proses pemisahan daging dan tulang dilakukan dengan menggunakan mesin deboning daging, tidak perlu dilakukan penggilingan karena daging ikan sudah dalam bentuk daging giling.

### ***Leaching***

Campuran daging ikan yang dihasilkan biasanya berwarna merah dan mengandung lemak, darah, kotoran lain serta bau yang tidak sedap. Oleh karena itu, daging ikan giling harus melalui proses pengolahan air dingin yang disebut dengan filtrasi. Filtrasi adalah proses pencucian atau perendaman daging ikan dengan air es yang bertujuan untuk membersihkan daging ikan dari darah, pigmen, lemak, lendir dan protein yang terlarut dalam air serta memperbaiki warna ikan agar mempunyai warna dan aroma daging ikan. lebih baik. Struktur daging ikan merupakan kumpulan serabut otot (sel otot), dengan susunan komponen utama yang sederhana, sebagian besar terdiri dari protein. Beberapa ahli mengelompokkan protein tersebut berdasarkan kelarutannya menjadi tiga kategori, yaitu protein miofibrilar, protein sarkoplasma, dan protein stroma. Protein dalam serat otot disebut protein myofibrillar dan merupakan protein terbesar, terhitung sekitar 65-80% dari total protein dalam otot. Protein ini berperan dalam kontraksi otot.

Selain itu, ia juga berperan dalam struktur yang berhubungan dengan otot, seperti plastisitas serat, kapasitas menahan air, dan kemampuan pembentukan gel, yang semuanya mencerminkan sifat protein serat otot,

terutama miosin. Miosin pada daging ikan umumnya tidak stabil dan mudah terdenaturasi. Protein serat otot tidak larut dalam air tetapi larut dalam larutan garam netral dengan kekuatan ionik yang cukup tinggi (protein larut garam). Protein sarkoplasma sering disebut miogenik dan membentuk 20-50% dari total protein otot. Protein ini ditemukan di sarkoplasma sel otot. Protein ini larut dalam air (protein larut air) atau dalam larutan garam netral dengan kekuatan ionik kurang dari 0,15 debye. Sifat protein ini adalah menghambat pembentukan gel sehingga sering dihilangkan pada tahap pencucian.

Protein stroma merupakan jaringan ikat yang tersusun dari komponen kolagen dan elastis serta berguna dalam menjaga struktur fisik. Protein tidak larut bahkan dalam cairan dengan kekuatan ionik tinggi. Jumlah protein ini kira-kira < 5% total protein otot ikan. Jenis protein ini lebih banyak terdapat pada ikan merah dibandingkan pada ikan putih dengan komposisi yang berbeda-beda pada setiap jenis ikan. Selama proses filtrasi, sebagian besar protein sarkoplasma terbuang. Hal ini sesuai dengan sifat protein yang larut dalam air. Karena sifat protein sarkoplasma dapat menghambat pembentukan gel, maka proses filtrasi pada saat produksi surimi dapat mendorong pembentukan gel karena kandungan aktimiosin ditingkatkan untuk meningkatkan sifat elastis produk surimi.

Proses filtrasi dilakukan dengan mencampurkan daging ikan giling dengan es pada suhu 5 – 10°C kemudian digerakkan secara mekanis atau diaduk secara manual. Tujuan dari es adalah untuk menjaga suhu daging ikan di bawah 10°C. Hal ini dilakukan untuk mencegah denaturasi protein. Perbandingan daging ikan dengan air dingin adalah 1: (3-4). Pada proses ini dilakukan pengadukan agar proses pencucian berlangsung sempurna. Proses ini dilakukan sebanyak 3 kali dan setiap pencucian berlangsung selama 10 - 15 menit. Untuk ikan dengan kandungan lemak tinggi seperti pangasius dan lele,

pada pencucian pertama ditambahkan  $\text{NaHCO}_3$  0,2 pada proses penyaringan untuk memisahkan lemak dari daging ikan. Daging ikan disaring setiap selesai dicuci (penyaringan), kemudian proses penyaringan diulangi sebanyak 3 kali. Selama pencucian atau penyaringan akhir, 0,2 atau 0,3% garam ditambahkan. Tujuan penambahan garam adalah agar air mudah dikeluarkan dari daging ikan. Pencucian lebih dari 3 kali seringkali memberikan hasil yang buruk karena adanya resiko denaturasi protein dan hilangnya cita rasa alami karena banyak bahan daging ikan yang terbuang bersama air pencucian. Faktor-faktor yang mempengaruhi proses filtrasi adalah suhu air, derajat pengadukan dan waktu kontak antara air dan daging. Koefisien efisiensi filtrasi mempengaruhi kualitas surimi.

### **Mengepres dan memberikan bahan tambahan**

Tujuan dari proses pengepresan adalah untuk menghilangkan kelebihan air sehingga kadar air pada produk akhir mencapai 80-85%. Bagian ikan yang digunakan dalam proses pengepresan adalah dagingnya yang halus dan seratnya yang halus. Pada proses manual, pengepresan dilakukan dengan menggunakan kain saring dan alat pengepres berupa alat pengepres hidrolik atau sentrifugal. Dalam proses kontinyu, pengepres ulir kontinyu digunakan. Pada alat ini, daging ikan ditekan dengan cara diputar dan didorong ke depan ke dalam saringan berbentuk sekrup yang berlubang-lubang di dalamnya. Campuran daging ikan yang dihasilkan kemudian ditambahkan gula/sukrosa/sorbitol 3-4% dan polifosfat 0,2-0,3%. Gula berfungsi sebagai krioprotektan dan polifosfat sebagai zat pengikat air untuk menjaga retensi air. Pencampuran dapat dilakukan dengan menggunakan blender, *food processor* atau perajang.

## **Membekukan Surimi**

Langkah selanjutnya setelah menambahkan bahan tambahan adalah mencetak dan mengemas surimi. Pencetakan surimi dapat dilakukan dengan menggunakan cetakan berbentuk persegi panjang yang ukurannya sesuai dengan plastik kemasan utama. Surimi dibentuk di atas cetakan/loyang pada saat pemadatan. Satu blok surimi komersial biasanya memiliki berat 10 kg/blok. Kemudian, kubus surimi dibekukan dalam *contact plate freezer* atau *blast freezer*. Proses pembekuan bertujuan untuk menjaga makanan pada suhu di bawah 0°C untuk menghambat pertumbuhan bakteri dan mencegah denaturasi nutrisi. Suhu tersebut akan mengawetkan ikan/bahan makanan dalam waktu yang cukup lama. Tujuan pembekuan adalah untuk menurunkan suhu sampai pada tingkat tertentu yang dapat menghambat bakteri pembusuk sehingga diperoleh produk yang lebih tahan lama. Proses pembekuan terbagi menjadi dua jenis: pembekuan cepat yang memakan waktu tidak lebih dari dua jam dan pembekuan lambat yang memakan waktu lebih dari dua jam. Pembekuan cepat dan pembekuan lambat mempengaruhi ukuran dan dimensi kristal es yang terbentuk. Semakin cepat proses pembekuan, semakin kecil kristal es yang terbentuk; Sebaliknya semakin lama waktu pembekuan maka semakin besar pula kristal es yang terbentuk.

## **Mengecek surimi menggunakan *Metal detector***

Detektor logam merupakan suatu alat yang dirancang sedemikian rupa sehingga dapat mendeteksi keberadaan logam atau logam di dekat detektor. Detektor logam berfungsi sebagai mesin inspeksi dalam industri pangan untuk menjamin keamanan pangan dan perlindungan konsumen. Detektor logam sangat efektif dalam memastikan perlindungan produk dari logam besi dan non-besi (aluminium, baja tahan karat, dll.). Biasanya, detektor logam dipasang

pada tahap pemeriksaan keamanan produk, yakni setelah barang dikemas. Prinsip pengoperasian detektor logam didasarkan pada gelombang elektromagnetik yang membentuk medan elektromagnetik dalam satu atau lebih kumparan. Ada beberapa kumparan yang digunakan sebagai pemancar dan penerima, dalam kondisi standar gelombang yang diterima memiliki tingkat tertentu dan hal ini sering disebut “keseimbangan” pada detektor logam. Pengoperasian mesin ini melibatkan penggunaan gelombang elektromagnetik. Jika terjadi perubahan gelombang yang tidak sesuai, hal ini akan dianggap logam mengganggu dan logam tersebut akan terdeteksi ketika memasuki jalur detektor logam. Surimi yang dikemas ditempatkan di lorong detektor logam. Jika metal detector berhenti, lampu menyala dan sirene berbunyi, berarti produk surimi tersebut mengandung logam. Produk surimi yang mengandung logam harus dipisahkan untuk diproses lebih lanjut.

### **Penyimpanan beku**

Pembekuan merupakan salah satu cara untuk menjaga mutu produk ikan, menghindari kerusakan dalam jangka waktu tertentu dan memperpanjang umur simpan produk. Penyimpanan beku penting karena: Sifat produk perikanan yang mudah rusak

- Kebutuhan bahan pangan sepanjang tahun
- Menjaga kualitas gizi makanan
- Kontrol harga dan regulasi
- Menjaga stabilitas nasional
- Mengoptimalkan keuntungan

Peluang untuk memperluas perdagangan di pasar ekspor. Surimi, seperti produk ikan lainnya, rentan terhadap pembusukan, dan salah satu cara untuk menjaga kualitas surimi adalah dengan menyimpannya pada suhu beku. Penyimpanan beku yang memadai pada suhu  $-20^{\circ}\text{C}$  dapat mempertahankan

kualitas surimi hingga tiga bulan atau lebih tanpa banyak perubahan pada sifat fungsionalnya. Fluktuasi suhu yang terjadi selama penyimpanan dapat menurunkan kemampuan pembentukan gel surimi. Penyimpanan pada suhu beku  $-10^{\circ}\text{C}$  hanya dapat menyimpan surimi paling lama satu bulan dan tidak dapat digunakan kembali setelah tiga bulan karena sifat fungsional surimi rusak.

Untuk penyimpanan lebih lama, suhu antara  $-30^{\circ}\text{C}$  dan  $-35^{\circ}\text{C}$  harus digunakan. Proses pengawetan surimi beku harus diatur untuk memudahkan pengawetan dan pemulihan. Penyimpanan dan penarikan kembali produk surimi diatur dengan sistem FIFO (*first in, first out*), artinya produk surimi yang disimpan terlebih dahulu harus dibuang terlebih dahulu. Setiap produk yang disimpan harus didaftarkan berdasarkan perintah administratif. Selama proses pembekuan dan penyimpanan beku, produk ikan dapat mengalami perubahan-perubahan seperti kekeringan, pengerasan daging, perubahan warna dan rasa, oksidasi, denaturasi protein serta munculnya limbah pada proses *thawing* yaitu cairan yang keluar dari tubuh ikan. jaringan. ikan. dan juga terbang saat ikan beku meleleh.

### 6.3.3.Kamaboko



**Gambar 6.13.** Kamaboko

Sumber: <https://cultura.id/wp-content>

Kamaboko adalah sebutan untuk berbagai olahan makanan yang terbuat dari ikan giling, dicetak di atas sepotong kayu dan dikukus. Irisan kamaboko dapat dimakan apa adanya atau digunakan sebagai tambahan dan hiasan pada berbagai macam sup, seperti ramen, soba, atau udon. Bahannya adalah ikan putih. Bagian gelap ikan dipisahkan dan tidak dimanfaatkan. Setelah dicuci dengan air untuk menghilangkan darah dan lemak, potongan ikan digiling dalam lesung batu. Adonannya ditambah tepung agar tekstur kamaboko lembut. Bahannya adalah ikan putih. Bagian gelap ikan dipisahkan dan tidak dimanfaatkan. Setelah dicuci dengan air untuk menghilangkan darah dan lemak, potongan ikan digiling dalam lesung batu. Adonannya ditambah tepung agar tekstur kamaboko lembut. Kamaboko merupakan produk olahan daging ikan berbentuk gel, teratur dan elastis. Produk ini berasal dari Jepang. Di Indonesia, produk semicam kamaboko dikenal dengan nama bakso ikan, otak-otak, dan empek-empek. Protein daging ikan dapat digolongkan menjadi tiga jenis, yaitu miofibril, sarkoplasma, dan protein jaringan ikat (protein stroma). Protein miofibril sedikit larut dalam air pada pH netral, namun larut dalam senyawa garam kuat (NaCl, KCl, LiCl) pada konsentrasi 0,4 M. Protein miofibril merupakan protein struktural yang tersusun dari miosin, aktin, aktomiosin dan pengatur protein (troponin, tropomiosin), dan aktinin). Protein miofibril merupakan bagian terbesar dari protein ikan, terhitung 66 hingga 77% dari total protein ikan. Protein sarkoplasma (miogenik) larut dalam air tetapi tidak larut dalam larutan garam. Adanya protein sarkoplasma pada produksi kamaboko akan mempengaruhi produksi gel pada saat produk kamaboko dipanaskan.

Protein yang larut dalam air ini mempengaruhi bentuk gel sehingga menyebabkan gel menjadi inelastis karena ketika dipanaskan, protein akan beragregasi dan menempel pada protein miofibril. Protein sarkoplasma ini



ditemukan dalam jumlah sekitar 10 sen dari total protein ikan. Protein stroma adalah protein yang membentuk jaringan ikat. Protein ini tidak dapat diekstraksi dengan air, larutan asam, larutan basa, atau garam netral pada konsentrasi 0,01 hingga 0,1 M. Protein stroma terutama terdiri dari kolagen dan elastis. Karnaboko terbuat dari daging ikan giling, surimi, tepung asin, dan bumbu burnbu. Proses pembuatan kamaboko pada dasarnya melalui tahapan penggilingan daging ikan, pencucian, pembuatan pasta, pengulenan, dan pemanasan (memasak). Daging ikan dingin merupakan sumber protein aktomiosin (miofibril).

Terbentuknya gel kamaboko (ashi) terutama dipengaruhi oleh jumlah protein aktomiosin yang terdapat pada daging ikan dan jumlah protein terlarut. Selama pemrosesan, penggilingan dan pembentukan, emulsi aktomiosin tidak mengalami denaturasi. Oleh karena itu, selama proses ini, suhu daging dijaga di bawah 15°C. Proses pencucian daging ikan dilakukan untuk memisahkan kotoran, lemak, darah, lendir, protein larut air dan komponen aromatik. Sebaiknya dicuci beberapa kali dengan air dingin (air es) dalam jumlah banyak. Untuk menghindari pembengkakan daging ikan akibat penyerapan air, sebaiknya menggunakan air pencucian dengan pH 6 sampai 7 dan pencucian akhir menggunakan larutan NaCl 0,01 – 0,3%. Saat menyiapkan adonan (emulsi), garam meja, pati dan rempah-rempah ditambahkan. Garam ditambahkan terlebih dahulu dan digunakan untuk mengekstrak protein Actomyosin untuk membentuk pasta sol Actomyosin. Selain itu, garam juga digunakan sebagai bumbu untuk menambah rasa asin. Jumlah garam meja yang digunakan sekitar 2,5 hingga 3%. Penggunaan garam yang terlalu banyak akan menimbulkan rasa asin yang berlebihan dan juga menyebabkan denaturasi protein. Penggunaan garam yang terlalu sedikit akan mengakibatkan tekstur produk kamaboko menjadi buruk karena proses ekstraksi protein aktomiosin

yang jauh dari sempurna. Pati ditambahkan untuk memperbaiki adonan, meningkatkan daya ikat air, memperkecil penyusutan dan memperbaiki tekstur. Penggunaan pati berkisar antara 0 - 3 persen. Bahan lain yang digunakan dalam pembuatan kamaboko yaitu gula, putih telur dan MSG. Gula yang digunakan biasanya sukrosa untuk menimbulkan rasa manis dan menghambat denaturasi protein aktomiosin karena meningkatkan tegangan permukaan air. Putih telur digunakan untuk memperbaiki penampakan produk, sedangkan MSG untuk meningkatkan cita rasa.

Pencetakan adonan kamaboko harus segera dilakukan untuk menghindari terbentuknya gel suwari. Adonan yang sudah membentuk gel akan sulit dicetak. Proses pemanasan menyebabkan terjadinya pembentukan gel. Pada saat pemanasan, adonan (sol aktomiosin) akan berubah membentuk gel "suwari". Selanjutnya pada suhu sekitar 60° C terjadi pelunakan gel (madori) pada suhu di atas 70°C terbentuk gel kamaboko (ashi) yang kenyal dan elastis. Pemanasan dapat dilakukan dengan perebusan, pengukusan, penggorengan atau pemanggangan.

#### Cara Pembuatan Kamaboko

Bahan dan Alat meliputi ikan segar, garam, es batulair es, gula, MSG, tapioka, panci, kompor, cetakan dan pisau.

#### Cara Pembuatan

- Bersihkan ikan segar yang akan digunakan, buang kepala, sisik, jeroan dan kulit.
- Lakukan filleting untuk memperoleh daging ikan tanpa tulang rendam dalam
- Giling pada suhu rendah.

- Cuci daging ikan giling dengan air es sebanyak 3-4 kali.
- Gunakan air cukup banyak dan pada pencucian terakhir gunakan larutan NaCl 0,1 persen. Buang airnya dengan kain saring.
- Tambahkan garam dapur sebanyak 3 persen (2-3 persen) dan campur sampai merata.
- Tambahkan tapioka sebanyak 3 persen (3-6 persen), gula dan MSG secukupnya, campurkan sampai merata.
- Cetak sesuai bentuk yang dikehendaki.
- Rebus, kukus, goreng dan panggang sampai matang.
- Kamaboko siap dikonsumsi atau dipasarkan.

#### 6.3.4 Nugget Ikan



**Gambar 6.14.** Nugget Ikan

Sumber: <https://cultura.id/wp-content>

*Nugget* merupakan salah satu produk olahan ikan yang digemari banyak orang. Ini adalah kemajuan baru dalam dunia perikanan. Selain cara pembuatannya yang sederhana dan produknya praktis, juga diolah khusus untuk anak-anak dalam berbagai bentuk yang menarik. Selain itu, tidak ada bahan pengawet yang digunakan dalam proses pembuatan bakso ikan.

*Nugget* ikan mengandung kandungan nutrisi yang tinggi berkat kandungan protein pada ikan. Bahan ikan yang bisa digunakan adalah ikan air tawar dan ikan air asin, tentunya dagingnya cukup tebal dan tidak banyak duri. Jenis ikan yang bisa dimanfaatkan adalah ikan nila, lele, nila dan jenis ikan lainnya. Bahan-bahannya mudah didapat baik di pasar tradisional maupun supermarket, sehingga memudahkan konsumen.

*Nugget* merupakan salah satu jenis makanan cepat saji yang pada prinsipnya dapat diolah dari berbagai macam bahan asal hewani dan nabati (ayam, udang, ikan dan tahu) dengan cara menggiling terlebih dahulu bahan dasarnya dan menambahkan bahan lain seperti tepung terigu/tapioka, es batu dan lain-lain. rempah-rempah. Untuk menyajikan nugget, lumuri terlebih dahulu dengan mentega dan remah roti, lalu goreng. Di pasaran, nasi hijau biasanya berbentuk persegi panjang dan berwarna kuning keemasan karena proses penggorengan. Nugget yang terbuat dari ayam disebut nugget ayam, nugget yang terbuat dari udang disebut nugget udang, dan nugget yang terbuat dari ikan disebut nugget ikan. Produksi nasi hijau yang lezat sangat dipengaruhi oleh banyak faktor seperti kualitas bahan dasar, bahan pembantu, proses produksi dan pengawetan.

Pengolahan nugget dapat dilakukan dengan cara:

Ikan harus disiangi terlebih dahulu agar isi lambungnya tidak menjadi sumber bakteri dan enzim yang dapat merusak daging ikan. Penyiangan dilakukan dengan hati-hati agar isi lambung tidak mengotori daging. Setelah ikan dibersihkan, bilas dan sisihkan. Daging di pangkal insang dipotong sampai ke tulang dengan pisau khusus. Kemudian daging ikan diiris ke arah ekor hingga daging terpisah dari tulangnya.

Ikan tersebut kemudian dibalik dan dagingnya diiris dari ekor hingga kepala. Pisau ditekan perlahan ke tulang agar tidak banyak daging yang tertinggal di tulang. Setelah daging dipisahkan dari tulangnya, kemudian dipisahkan pula kulitnya sehingga diperoleh daging tanpa tulang dan kulit. Beberapa jenis ikan sulit dikupas, sehingga kulitnya dapat dihilangkan dengan alat pemisah daging. *Fillet* ikan dicuci bersih dengan air mengalir atau di bak cuci untuk menghilangkan kotoran dan sisa darah. Wastafel paling cocok menggunakan fiberglass karena mudah dibersihkan, dipindahkan, dan dikeringkan. Cairan pencuci harus diganti secara berkala agar tidak kotor dan keruh. Selama proses *filleting* dan pencucian ikan, selalu tambahkan es secukupnya agar tidak menurunkan kualitas ikan.

### **Proses pembuatan Nugget**

Persiapan Bahan Pendukung

- o Tepung terigu, tepung maizena, bumbu halus dan baking powder dicampurkan ke dalam adonan cair (mentega) dengan air es agar remah roti menempel pada remah.
- o Potong bawang bombay lalu goreng dengan margarin/minyak hingga setengah matang agar aromanya lebih kuat lalu sisihkan.
- o Haluskan bumbu halus seperti garam, merica, bawang putih, dan bawang merah ungu, sisihkan. Bumbu-bumbu ini ditambahkan untuk menambah rasa dan membuat nasi lebih nikmat. Telur digunakan untuk mencampur adonan nugget.

### **Pencampuran dan Penggilingan**

Proses pembuatan adonan nugget ikan meliputi langkah-langkah sebagai berikut :

- a. *Fillet* yang telah bersih dilumatkan menggunakan alat penggiling daging atau silent cutter / food processor sehingga diperoleh daging lumat. Jika daging lumat ini masih mengandung serat dan duri, dipisahkan terlebih dahulu.
- b. Daging lumat tersebut digiling dengan garam dan bumbu hingga rata. Selanjutnya ditambahkan tepung tapioka sedikit demi sedikit sambil diaduk, sampai diperoleh adonan yang homogen. Pada saat pembentukan adonan nugget ikan ditambahkan es batu sekitar 15% -20%. Es ini berfungsi untuk mempertahankan suhu rendah dan menambah air ke dalam adonan.  
Pencetakan
- c. Adonan yang telah homogen kemudian di masukkan ke dalam cetakan (loyang) yang telah di olesi margarin atau dialasi dengan plastik dengan tujuan supaya adonan tidak lengket setelah dikukus.

### **Pengukusan**

Pengukusan di lakukan dengan menggunakan dandang selama  $\pm$  20-30 menit sampai matang.

### **Pendinginan dan Pengirisan**

Adonan dikukus dan dipanggang, kemudian didinginkan agar lebih mudah dipotong dan bentuk irisannya tidak hancur, kemudian dipotong (dibentuk) sesuai selera dengan menggunakan pisau tajam berbahan *stainless*.

### **Pemberian *butter* dan *bread crumb***

Adonan yang sudah didinginkan dan diiris-iris dicelupkan ke dalam mentega agar adonan/kerak roti yang menutupi bagian luarnya dapat menempel dan nugget tidak hancur saat digoreng.

### **Penggorengan**

Potongan nugget yang diiris dan dibalut remah roti kemudian digoreng dengan minyak goreng panas. Setelah matang (warnanya agak kuning), angkat dan tiriskan. Setelah dingin, bungkus dalam kantong plastik. Anda juga bisa menggoreng nugget setelah setengah matang, biarkan dingin, lalu bungkus dalam kantong plastik dan simpan di freezer untuk memperpanjang umur simpannya.

### **6.3.5 Sosis Ikan**



**Gambar 6.15.** Sosis Ikan

Sumber: <https://mediatani.co/>

Sosis ikan merupakan produk olahan daging ikan yang dibuat dengan cara menumbuk dan menggiling daging serta menambahkan bumbu-bumbu, kemudian dibentuk berbentuk silinder (bulat panjang) yang dilengkapi dengan wadah (sosis *casing*). Sosis dibuat sesuai selera masyarakat setempat, sehingga bahan dan jenis bumbu yang digunakan pun berbeda-beda tergantung

daerahnya. Protein merupakan faktor terpenting dalam pembentukan emulsi daging yang stabil, sehingga suhu pada saat penggilingan perlu dikontrol maksimal 22 OC. Untuk menjaga suhu di bawah 22°C saat menggiling dan mencampur bahan, es harus ditambahkan dalam jumlah sekitar 15-30% dari berat fillet. Bubuk sosis adalah emulsi minyak dalam air. Untuk memperkuat emulsi air dan lemak dapat ditambahkan bahan pengikat seperti susu skim atau konsentrat protein kedelai. Penambahan bahan yang mengandung karbohidrat seperti tepung tapioka, tepung terigu, tepung sorgum atau tepung beras dapat menghasilkan tekstur sosis yang kompak (padat).

Pembungkus (*casing*) sosis khususnya sosis ikan dapat digunakan sebagai casing buatan yang berbahan dasar sululosa, serat dan kalori. Bahan dan bumbu tambahan untuk membuat sosis ikan adalah tepung tapioka 10% - 15%, garam halus 2,5 - 3%, bawang putih 3%, bawang merah 2,5%, minyak goreng 3%, merica bubuk 0,5%, gula halus 1,5% MSG 0,75 - 1. % berat fillet. Sosis bisa dimasak dengan cara direbus atau diasap. Pemasakan sosis bertujuan untuk menggabungkan komponen-komponen bubuk sosis, menstabilkan warna, menciptakan aroma dan rasa yang khas, serta menonaktifkan enzim dan mikroorganisme untuk memperpanjang umur simpan. Memasak dengan cara direbus bisa dilakukan dalam dua tahap. Perebusan pertama menggunakan suhu 60°C selama 15 hingga 20 menit. Rebus kedua kalinya pada suhu 80°C - 90°C hingga matang ( $\pm$  15 menit). Sedangkan untuk proses pengasapan, mulailah dengan suhu rendah (32 – 38°C dengan kelembapan 90%) selama 10 hingga 20 menit, kemudian naikan suhu menjadi 74°C dengan kelembapan 75% – kelembapan 80% hingga matang.



## Pembuatan Sosis Ikan

Proses pembuatan sosis ikan meliputi langkah-langkah sebagai berikut :

- a. Filet yang telah bersih dilumatkan menggunakan alat penggiling daging atau meat sparatator / *food prosessor* sehingga diperoleh daging lumat. Jika daging lumat ini masih mengandung serat dan duri, dipisahkan terlebih dahulu.
- b. Daging lumat yang sudah bersih tersebut digiling sambil ditambahkan sedikit demi sedikit es batu, minyak goreng, tepung tapioka, gula, bawang putih dan bawang merah yang sudah digiling, lada halus dan penyedap rasa. Pengadukan dilakukan sampai adonan homogen.
- c. Adonan yang sudah terbentuk dimasukkan ke dalam *stuffer* (alat pencetak kue), kemudian dimasukkan ke casing dan diikat dengan ukuran 303lastic yang dikehendaki.
- d. Setelah semua adonan masuk casing, dilakukan perebusan dengan suhu 60°C selama 15 – 20 menit, dan dilanjutkan dengan suhu 80 – 90°C sampai matang. Perebusan dilakukan secara bertahap, agar tekstur sosis kompak dan casing tidak pecah. E. Sosis yang telah matang diangkat dan didinginkan, kemudian digunting ikatan benangnya dan dikemas dengan 303lastic menggunakan vakum sealer. Sosis yang sudah dikemas disimpan di ruang pendingin atau refrigerator yang bersuhu 5°C.

### 6.3.6 Ebifurai



**Gambar 6.16.** Ebifurai

Sumber : <https://www.idntimes.com/>

Ebi furai merupakan masakan udang goreng khas Jepang. Berasal dari kata ebi frire yang artinya udang goreng. Berbeda dengan tempura yang dibalut campuran tepung dan putih telur, ebi furai dibalut remah roti yang renyah. Ebi furai banyak dijumpai di restoran cepat saji Jepang, seperti Hokben. Bahan yang digunakan adalah udang segar. Biasanya udang yang digunakan berukuran kecil hingga sedang sehingga lebih hemat. Peralatan yang digunakan untuk membuat ebi cukup sederhana. Ebi furai merupakan makanan yang bahan utamanya adalah udang yang dilapisi tepung roti dan ditarik. Ebi furai berasal dari Jepang dan terkenal di seluruh dunia karena rasanya yang lezat dan tampilannya yang menarik. Ebi furai memiliki tekstur yang renyah di luar namun lembut di dalam setelah digoreng.

### **Pembuatan Ebifurai**

Langkah satu

Kupas udang, buang kotorannya, lalu bilas.

Langkah Kedua.

Kerat bagian perut udang (jarak sekitar 1/2 cm) dan jangan terlalu dalam.

Langkah Ketiga.

Lalu tekan punggungnya dengan menggunakan jari seperti memijat, hingga urat di punggung putus memanjang dan rata.

Langkah Keempat.

Buat adonan tepung basah dengan mencampur tepung terigu, telur, cream, bawang putih, dan bumbu.

Langkah Kelima.

Lapisi udang dengan tepung terigu (kering), adonan tepung basah, dan tepung roti.

Langkah Keenam.

Goreng udang hingga warnanya keemasan.

Langkah Ketujuh.

Sajikan Ebi Furai dengan saus tartar.

### 6.3.7 Kaki Naga



**Gambar 6.17.** Kaki Naga

Sumber : <https://karawangpost.pikiran-rakyat.com/>

Kaki Naga merupakan produk makanan yang terbuat dari daging ikan yang dicampur dengan tepung tapioka, bawang putih, garam, wortel dan seledri hingga membentuk adonan kental, kemudian digulung dalam tepung panir, kemudian telur dikocok dan terakhir dibalut dengan tepung panir dan digoreng hingga matang. *Breadcrumbs* adalah tepung yang digunakan untuk melapisi bagian luar semua masakan yang digoreng seperti ayam goreng, *chicken katsu*, *nugget*, bento, tempura, steak ayam, adonan goreng cumi dan udang, tempe goreng, tahu goreng, pisang goreng, dll. (Siswahyuningsih, 2011). Dalam pembuatan kaki ikan naga diperlukan bahan-bahan yang

mengandung karbohidrat sebagai bahan pengikat agar bahan-bahan tersebut menyatu menjadi suatu adonan sehingga membantu memperbaiki tekstur. Bahan pengikat yang umum digunakan adalah berbagai macam tepung yang mengandung karbohidrat, seperti tepung serealialia khususnya tepung terigu, tepung beras dan ketan dari serealialia, tepung jagung dari jagung, dan tepung dari umbi-umbian khususnya tepung tapioka dari singkong kayu, bubuk sagu dan ubi jalar.

Proses pengolahannya diawali dengan menyiapkan daging ikan, tepung sagu, tepung terigu, tepung tapioka, gula pasir, garam, merica, telur, susu, minyak sayur, wortel yang diiris tipis dan air secukupnya. Lalu campurkan bahan-bahan tersebut hingga membentuk campuran bubuk halus, aduk rata. Adonannya diaduk rata, lalu digulung menjadi bola dengan tangan lalu ditusuk dengan sumpit. Lalu gulingkan ke tepung terigu dan celupkan ke kocokan telur. Lalu tutupi dengan tepung. Kemudian masak dengan kukus pada suhu 90°C selama 10 hingga 15 menit. Setelah proses pengukusan selesai, produk kaki naga didiamkan untuk menghilangkan panas. Kemudian dilakukan pengujian untuk mendapatkan serbuk terbaik. Kemudian dilanjutkan ke langkah menggoreng kaki naga. Setelah digoreng, kaki naga ditiriskan terlebih dahulu agar jumlah minyak pada produk sedikit berkurang.

### 6.3.8 Ekado



**Gambar 6.18.** Ekado Ikan  
Sumber: [www.fimela.com/lifestyle](http://www.fimela.com/lifestyle)

Ekado merupakan produk kuliner khas Jepang yang terbuat dari bahan dasar seperti ayam, udang atau ikan dan bumbu lainnya. Pangsit jenis ini tentunya terkenal dan populer di berbagai belahan dunia. Selain banyak penggemarnya, rasanya juga unik dan kandungan gizinya tinggi. Biasanya bahan baku yang digunakan adalah ikan tenggiri atau ikan ekor kuning. Bahan terpenting adalah kesegaran ikan. Bahan tambahan yang digunakan adalah tepung tapioka, telur dan bumbu serta kulit pangsit sebagai pembungkusnya.

Bahan-bahan yang digunakan untuk membuat Ekado antara lain 50 gram tepung tapioka, ½ sendok garam, 1 sendok gula pasir, ½ sendok makan bumbu halus, 2 sendok makan minyak wijen, 1 bawang putih, 1 bawang merah, daun bawang secukupnya, merica bubuk secukupnya, 1 butir telur, daun bawang secukupnya. daun dan 50 kulit pangsit.

### **Prosedur pembuatan Ekado Ikan**

1. Buatlah fillet ikan dan buang kulitnya
2. Rendam fillet ikan dalam air es yang dibubuhi garam 2% (air : es : ikan = 2:1:1)
3. Peraslah daging ikan dengan menggunakan kain saring / alat pengepres
4. Cincang kasar fillet ikan, kemudian ditimbang untuk menentukan bumbu.
5. Potong-potong halus daun bawang, bawang 307eseha / bawang putih
6. Campurkan daging ikan dengan bumbu-bumbu : garam, gula, bumbu masak, merica, minyak wijen, tepung 307esehat, dan telur
7. Tambahkan bawang putih / bawang 307eseha cincang dan daun bawang aduk sampai merata
8. Ambil adonan setengah sendok makan, kemudian bentuk bulatan dan direbus dalam air mendidih. Setelah matang, tiriskan.

9. Bungkus dengan kulit pangsit, dan bentuklah seperti kantong ;
10. Ikatlah bagian atasnya dengan daun kocai
11. Bekukan secara I Q F (*Individual Quick Freezing*) usahakan tidak saling menempel, atau dapat langsung digoreng dalam keadaan beku dengan minyak panas, tetapi api jangan terlalu besar, sampai warna kuning kecoklatan.

### **6.3.9 Dimsum**

Dimsum adalah masakan asal Cina yang diartikan sebagai makanan ringan yang dikukus, sering disajikan dengan saus sambal yang bermanfaat untuk menambah cita rasa. Dim sum merupakan masakan berukuran kecil namun memiliki kandungan gizi yang tinggi. Kebanyakan masakan dimsum berisi daging, ayam, ikan, udang, buah-buahan dan sayur-sayuran.

Popularitas dimsum di Indonesia cukup tinggi, sangat digemari dan digandrungi oleh Kesehatan Indonesia (Lestari, 2011). Dimsum merupakan produk makanan yang terbuat dari campuran daging ayam, udang, tepung tapioka dan beberapa bumbu untuk melengkapi dan meningkatkan cita rasa. Dimsum merupakan salah satu jajanan yang digandrungi banyak orang karena rasanya yang lezat dan kenyal. Dimsum terbuat dari daging kemudian dibungkus dengan pangsit. Isian dagingnya juga bisa disesuaikan dengan selera. Salah satu daging enak yang digunakan untuk membuat dim sum adalah ayam. Bahan pembuatan dim sum biasanya berupa lumpia yang terbuat dari tepung beras, kemudian diisi dengan campuran daging ayam, sapi atau udang dan sayuran.

Tak hanya menjaga kesehatan tulang, Dimsum juga sangat membantu membuat kulit, kuku, dan rambut menjadi lebih sehat. Pasalnya, olahan dim sum mengandung banyak protein yang baik untuk tubuh, terutama untuk kulit,

rambut, dan kuku. Siomay menggunakan daging ikan sehingga rasa dan aromanya lebih kaya. Jenis ikan yang digunakan adalah ikan tenggiri. Sedangkan dim sum bisa menggunakan banyak protein berbeda, seperti ikan, ayam, daging sapi, bahkan kepiting cincang. Meski isiannya terkesan lebih kaya, namun aroma dim sum tidak sekuat aroma siomay.



**Gambar 6.19.** Dimsum Ikan

Sumber: <https://www.kompasiana.com/>

Bahan-bahan yang digunakan pada pembuatan Dimsum adalah sebagai berikut : Daun Bawang 2 batang, Wortel 2 batang (dicincang halus), Tepung Tapioka 2 sdm, Gula Pasir secukupnya, Minyak Wijen 1 sdm, Putih Telur 1 butir, Garam secukupnya, Bawang Putih 2 siung, Kecap Manis 1 sdm, Daging Dada Ayam 1 potong , Kulit Pangsit, Udang/Ikan yang sudah dikupas 200 gram dan merica bubuk 1 sdt

### **Prosedur pembuatan Dimsum**

Pertama kupaslah udang dan daging ayam yang sudah dicuci sebelumnya. Cincang hingga halus ke duanya, Kemudian irislah daun bawang tipis-tipis, Cincang wortel, Parut bawang putih, Tempatkan semua bahan yang sudah diolah ke dalam satu wadah dan aduk hingga tercampur dengan rata. Jika sudah selesai tutup dengan menggunakan penutup dan simpan di lemari es selama kurang lebih selama 1 jam. Siapkan kulit pangsit dan isilah isian

yang sudah dibuat tadi. Kemudian tata kulit pangsit hingga isian tertutup Lakukan hingga adonan habis. Kemudian siapkan alat pengukus untuk mengukus adonan. Isilah panci pengukus dengan air secukupnya. Jangan lupa untuk membungkus tutup panci pengukus dengan menggunakan kain bersih. Pada bagian dalam panci alasi dengan menggunakan daun pisang. Kukuslah selama kurang lebih 20 menit dan tunggu hingga matang Jika dimsum sudah matang, angkat dan sajikan.

### **6.3.10 Nori**

Rumput laut juga mengandung asam lemak omega-3 dan antioksidan yang bermanfaat bagi kesehatan jantung. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa kandungan nutrisi rumput laut ternyata dapat menurunkan tekanan darah, menurunkan kolesterol jahat (LDL) dan kolesterol total, serta mencegah pembentukan bekuan darah. Nori adalah nama Jepang untuk bahan makanan berupa lembaran rumput laut kering. Nori digunakan untuk menghias dan membumbui berbagai masakan Jepang, sebagai pelengkap nasi, dan sebagai bahan makanan ringan seperti senbei. Nori kaya akan vitamin A, B1, B2 dan C, serta yodium. Asupan ini juga merupakan sumber protein tanpa lemak yang baik. Dulse juga merupakan pilihan rumput laut yang bagus untuk anak-anak karena kaya akan protein, zat besi, magnesium, dan beta-karoten. Nori ini berbentuk lembaran rumput laut yang dicampur dengan garam meja, mirin, kecap, dan gula. Setelah dipotong kecil-kecil, bisa langsung disantap sebagai lauk bersama nasi.





**Gambar 6.20.** Nori rumput laut

Sumber: <https://www.magfood.com/>

Bahan dasar pembuatan produk nori dari rumput laut lokal. Nori dibuat dari dua jenis rumput laut yaitu *Ulva lactuca* dan *Eucheuma cottonii*. Dalam proses pembuatan nori, kedua jenis rumput laut tersebut terlebih dahulu dibersihkan, selanjutnya *Ulva lactuca* direndam dengan perbandingan *Ulva* (gr) : air (ml) : garam (gr) adalah 2 : 60 : 5, sedangkan *Eucheuma cottonii* direndam dengan air tawar. Perendaman dilakukan selama 6 jam. Untuk membuat nori perbandingan yang digunakan 50% *Ulva lactuca* ditambah 50% *Eucheuma cottonii*. Penghancuran dilakukan menggunakan blender dengan dicampur dengan air sebanyak 8 kali berat rumput laut. Setelah terbentuk bubur rumput laut selanjutnya direbus selama 15 menit atau hingga bubur mengental.

Pengeringan bubur rumput laut dilakukan menggunakan loyang yang dilapisi dengan aluminium foil dan diolesi margarin pada bagian atasnya. Pengeringan dilakukan menggunakan oven selama kurang lebih 1,5 jam atau hingga bubur rumput laut mengelupas dari loyang.



**Gambar 6.21.** Proses pembuatan Nori rumput laut

Sumber: <http://www.mekanisikip.web.id/2022/11>

## BAB 7

# PRODUK PERIKANAN NON KONSUMSI

## 7. PRODUK PERIKANAN NON KONSUMSI

### 7.1. Sabun



**Gambar 7.1.** Sabun rumput laut & mangrove

Sumber: Suryanti *et al.*,(2020)

Sabun mengandung surfaktan yang merupakan turunan oleokimia dimana salah satu molekul mempunyai gugus hidrofobik (bagian non polar suka minyak/lemak) dan gugus lainnya bersifat hidrofilik (bagian polar suka air), sehingga dapat mengikat campuran air dan minyak/gemuk (Aisyah, 2011). Surfaktan mengurangi tegangan permukaan air sehingga kotoran lebih mudah tertarik ke kulit. Kotoran berupa partikel lemak, keringat atau debu yang menempel pada permukaan kulit berikatan dengan gugus hidrofobik dan tertarik padanya pada saat dicuci, oleh karena itu air lebih mudah menarik kotoran, karena tegangan permukaannya semakin meningkat berkurang (Usmania dan Pertiwi, 2012). Kandungan antibakteri pada sabun berarti sabun dapat membunuh bakteri pada kulit sehingga kulit menjadi bersih dan terhindar

dari kontak dengan bakteri yang dapat mengkontaminasi (Nasution *et al.*, 2017). Selain itu penggunaan sabun juga telah dikembangkan pada produk-produk yang mempunyai manfaat lain seperti melembapkan, memutihkan, dan lain-lain. Sabun padat mempunyai keunggulan dari segi nilai ekonomis dan kestabilannya yang umumnya lebih baik. Sabun cair adalah suatu sediaan cair untuk membersihkan kulit, dibuat dari bahan dasar sabun dengan tambahan surfaktan, bahan pengawet, penstabil busa, pewangi dan pewarna yang diperbolehkan, serta dapat digunakan saat mandi tanpa menyebabkan iritasi pada kulit (SNI, 1996). Sabun cair memiliki bentuk yang menarik dan lebih praktis dibandingkan sabun padat. Sabun antiseptik yang beredar di pasaran jika sering digunakan dalam jangka waktu lama dapat menimbulkan efek samping dan iritasi kulit (Sharma *et al.*, 2016).

Rumput laut atau rumput laut merupakan makanan laut yang melimpah di Indonesia. Pada awalnya masyarakat hanya memanfaatkan rumput laut untuk mengolah sayuran dan memanfaatkannya sebagai makanan atau minuman. Saat itu, saya tidak bisa membayangkan zat apa saja yang terkandung dalam alga. Rumput laut secara umum diketahui aman atau tidak berbahaya untuk dikonsumsi. Seiring berjalannya waktu, ilmu pengetahuan semakin berkembang, kini kandungan alga dimanfaatkan dengan sebaik-baiknya, tidak hanya sebagai bahan pangan sederhana untuk dikonsumsi langsung, namun juga sebagai komponen utama produksi pangan dalam negeri dan industri pangan besar. (Angadirera *et al.* , 2006). Faktanya, alga dapat diolah lebih lanjut hingga menghasilkan lebih dari 500 produk komersial yang berbeda, mulai dari makanan, obat-obatan, kosmetik, produk kebersihan seperti sabun mandi, pasta gigi dan sampo, serta lulur. Dalam industri kosmetik, rumput laut dimanfaatkan sebagai produk kosmetik tradisional seperti masker, lulur, krim, dan sabun mandi. Ekstrak koloid alga mempunyai sifat kompatibel yang tinggi dalam

kosmetik (dapat dikombinasikan dengan bahan lain). Ekstrak ini memberikan rasa lembut pada kulit dan tekstur kulit yang diinginkan. Alga mengandung berbagai vitamin dengan konsentrasi tinggi, seperti vitamin D, K, karotenoid. Vitamin B kompleks dan tokoferol. Alga sangat kaya antioksidan digunakan dalam kosmetik untuk menutrisi kulit dan memperlambat penuaan kulit (anti-wrinkle/anti-aging).

## **Sabun Rumput Laut**

### **Proses Pembuatan Ekstrak Sargassum**

Ekstraksi adalah metode pemisahan suatu komponen solute (cair) dari campurannya menggunakan sejumlah massa solven (pelarut) sebagai tenaga pemisah. Proses ekstraksi terdiri dari tiga langkah besar, proses pencampuran, proses pembentukan fasa setimbang, dan proses pemisahan fasa setimbang (Aprilia, 2006). Bahan baku yang digunakan adalah *Sargassum polycystum* yang diperoleh dari Madura. Bahan baku ditimbang 500 gram kemudian dikeringkan dengan cara dianginkan. Setelah dikeringkan rumput laut dihancurkan dengan mesin penghancur hingga 3 kali penghalusan tujuannya supaya menghasilkan rumput laut yang halus sesuai dengan yang kita inginkan. Maserasi menggunakan tiga pelarut (etanol, etil asetat, dan metanol) dan menggunakan alat *orbital shaker*. Proses maserasi dilakukan selama 24 jam dengan suhu 30° C. Perbandingan antara simplisia dan pelarut adalah 2 : 6. Hasil dari maserasi di dapatkan endapan di dalam dasar erlenmeyer berwarna hijau pekat (hijau gelap).

Larutan hasil proses maserasi kemudian di filtrasi menggunakan kertas saring. Larutan filtrat yang dihasilkan berwarna hijau pekat. Filtrasi ini bertujuan untuk memisahkan residu dan filtrat menggunakan alat filtrasi. Evaporasi dilakukan menggunakan rotary evaporator dengan suhu 40°C. Saat

proses evaporasi harus dipastikan bahwa pelarut terpisah dengan simplisianya. Evaporasi ini bertujuan untuk menguapkan cairan pelarut tapi tidak sampai pada kondisi kering, hanya sampai diperoleh ekstrak kental atau pekat. Hasil evaporasi dikeringkan dengan menggunakan *aquarium water pump*. Proses pengeringan selama 3 hari dengan suhu ruang. Hasil proses pengeringan berbentuk pasta berwarna hijau pekat.

### **Proses Ekstraksi Sabun Cair**

Texafon S ditempatkan terlebih dahulu dan kemudian natrium sulfat. Campurkan semua bahan kimia diatas hingga tercampur rata terus menerus dan pastikan semua larutan tercampur rata dan tidak kental. Tambahkan air (air sulingan) dan aduk terus perlahan agar tidak berbusa. Masukkan Texafon EVR untuk menciptakan efek berkilau pada sabun. Menambahkan gliserin Tujuan penambahan gliserin adalah untuk melembutkan kulit. Nanti ditambahkan betaine yang tujuannya untuk menambah busa. Tambahkan minyak zaitun Tujuan menambahkan minyak zaitun adalah untuk melembutkan kulit. Kemudian tambahkan ekstrak rumput laut. Tambahkan parfum atau pewangi untuk meningkatkan aroma sabun. Parfum yang Anda gunakan untuk mendapatkan aroma gratis tergantung pada preferensi Anda. (Zahra *et al.*, 2019).

### **Sabun Mangrove**

Pemanfaatan daun mangrove sebagai sumber antioksidan telah banyak dipelajari di masa lalu. Menurut (Ridlo *et al.* ., 2017), daun *R. mucronata* mengandung 2-(2-etoksietanol, penyebab-16-ena dan benzofenon, senyawa fenolik golongan flavonoid, asam fenolik dan tanin dihidroflavonol, asam

caffeic, asam vanilat, hidroksibenzoat dan tanin, alkaloid, kumarin, flavonoid, fenol dan polifenol, kuinon, resin, saponin, fitosterol, tanin, xanthoprotein, pigmen (klorofil, karotenoid) dan gula. Tanaman ini mempunyai potensi antibakteri, antibakteri dan antibakteri serta antibakteri dan antibakteri 14 ; , 2012). Menurut (Johannes et al., 2017), *Avicenia marina* mengandung senyawa alkaloid, terpenoid dan flavonoid serta memiliki sifat antibakteri terhadap bakteri *Staphylococcus aureus*. Daunnya mengandung senyawa bioaktif yaitu alkaloid, steroid dan triterpenoid, flavonoid dan tanin yang efektif sebagai antibakteri dan antioksidan (Yusuf, 2010). Senyawa flavonoid tersebut memiliki konsentrasi 1,18 dan nilai IC50 sebesar 36,35 ppm yang efektif sebagai antioksidan. Tingginya kandungan flavonoid pada ikan nila dan rendahnya IC50 pada daun *A. marina* menunjukkan bahwa terdapat kandungan antioksidan pada daun mangrove *A. marina*. Marina cukup kuat untuk digunakan sebagai pengganti antioksidan sintetik BHT (*Butylated Hydroxytoluene*) yang biasa digunakan oleh produsen dalam aplikasi makanan, kesehatan dan kecantikan seperti kosmetik (Handayani, 2013). Menurut Handayaan (2013), penggunaan BHT dalam jangka panjang dapat menyebabkan kanker. Salah satu produk kosmetik yang selalu dibutuhkan saat ini adalah sabun mandi. Sabun mandi merupakan salah satu kebutuhan pokok manusia yang selalu digunakan dan dibutuhkan sebagai produk sanitasi dalam kehidupan sehari-hari. Menurut BSN (2016), sabun mandi diartikan sebagai suatu zat yang terbentuk dari hasil reaksi senyawa NaOH dan KOH dengan asam lemak yang berasal dari minyak nabati/lemak hewani, sering digunakan sebagai bahan pembersih badan yang berbusa dan tidak menyebabkan iritasi atau peradangan pada kulit.

## 7.2. Masker



**Gambar 7.2.** Masker rumput laut & mangrove

Sumber: <https://www.tokopedia.com/victoryflavour>

Rumput laut bermanfaat untuk mengatur produksi minyak, mencerahkan, melembabkan kulit kering dan mengatasi kulit kusam. Rumput laut juga mengandung zat anti inflamasi, mineral dan zinc yang dapat membantu melawan jerawat dan kulit sensitif. Bahkan, rumput laut dipercaya mampu mencerahkan kulit bahkan setelah digunakan secara rutin. Rumput laut dapat membantu meredakan kondisi peradangan kulit seperti jerawat dan rosacea. Pasalnya rumput laut memiliki sifat anti inflamasi dan mengandung mineral alami seperti magnesium dan zinc. Rumput laut kaya akan vitamin seperti magnesium, tembaga, seng, riboflavin, niasin, thiamin, vitamin A, B12, B6 dan C. Beberapa nutrisi tersebut bersifat antioksidan. Selain flavonoid, alga juga mengandung sejumlah besar antioksidan lain, seperti karotenoid. Cara membuat masker rumput laut dijelaskan sebagai berikut: Siapkan rumput laut segar dan pastikan dicuci bersih dengan air. Masukkan semua bahan ke dalam blender dan haluskan hingga halus. Jika sudah cukup halus dan semua bahan sudah tercampur, pindahkan ke wadah atau mangkuk bersih. Oleskan masker secara merata ke seluruh wajah, hindari bagian mata, mulut, dan lubang hidung. Biarkan masker selama sekitar 10-15 menit.



### 7.3. Shampoo



**Gambar 7.3.** Shampoo rumput laut & mangrove

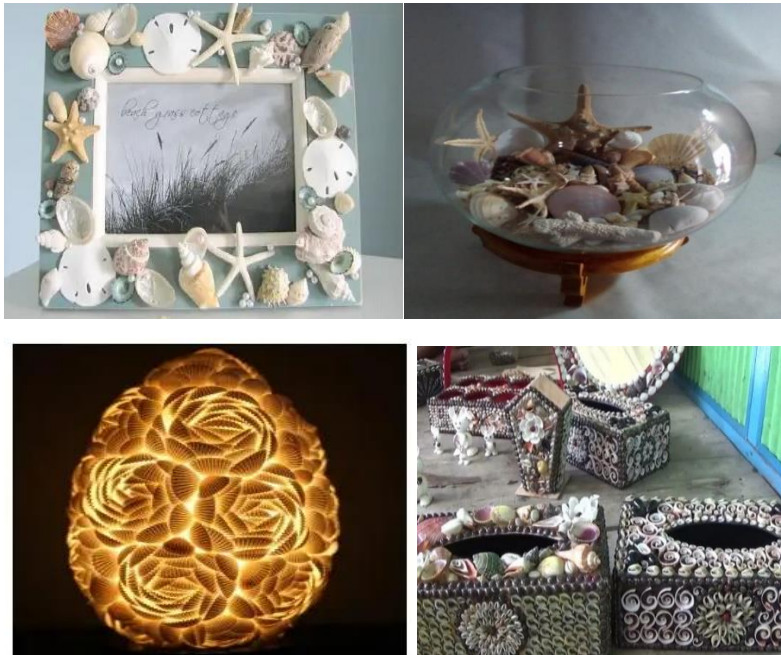
Sumber: <https://www.tokopedia.com/>

Shampo merupakan produk yang mengandung surfaktan. Shampoo biasanya berbentuk cair, padat atau bubuk yang dapat digunakan untuk menghilangkan minyak di kepala, rambut dan kotoran kulit di kulit kepala. Produk “*Marine Shampoo*” merupakan produk baru sehingga dapat dijadikan bahan baku rumput laut. Seperti inovasi dalam bidang kosmetik. Tujuan penambahan alga *Eucheuma cottonii* adalah untuk memberikan manfaat memperkuat akar rambut (dapat mencegah rambut rontok) dan menutrisi rambut karena alga ini kaya akan natrium dan mineral. Produk ini diharapkan tidak mempunyai efek buruk meskipun penggunaan jangka panjang. Banyak sampo yang menggunakan bahan seperti dietanolamina (DEA) dan zinc pyrithione memiliki efek samping jangka panjang, yaitu iritasi kulit. Penggunaan jangka panjang dapat menyebabkan kekeringan dan pengelupasan kulit kepala serta bersifat karsinogenik. Oleh karena itu, diperlukan sampo herbal sebagai solusi anti ketombe yang aman bagi kulit kepala untuk mengatasi masalah tersebut. Salah satu pilihannya adalah dengan

memanfaatkan rumput laut dan mangrove. Langkah pertama. Yaitu, melarutkan KOH dalam air akan memanaskan air. Kemudian diamkan campuran air dan KOH hingga suhu turun menjadi suhu ruangan. Tunggu hingga suhu air turun, bersihkan buah *Avicennia* yang direndam semalaman. Bila buah *Avicennia* sudah halus, tambahkan sedikit air lalu saring air *Avicennia*. Setelah air campuran KOH memanaskan, masukkan perlahan ke dalam campuran minyak sawit, minyak kelapa, dan minyak zaitun. Aduk terus hingga mulai mengental, lalu tambahkan air *Avicennia*, pewangi dan pewarna secukupnya jika perlu untuk mempercantik tampilan sabun mangrove. Kemudian aduk terus hingga larutan homogen dan berubah menjadi sabun mangrove. Hasil dari sabun mangrove ini memiliki keunggulan dibandingkan sabun biasa yang ada di pasaran yaitu lebih keras, tidak panas, serta lebih harum dan tahan lama. Sabun alga *Kappaphycus alvarezii* mempunyai keunggulan dibandingkan sabun pada umumnya yaitu lebih lembut dan tentunya semua bahannya alami dan tidak mengandung bahan kimia sehingga cocok untuk kulit dan tangan. Selain itu, dapat digunakan sebagai agen antibakteri untuk manfaat lainnya. Cara membuatnya cukup mudah, cukup campurkan rumput laut yang sudah digelatinisasi dengan bahan lain yaitu NaOH (untuk sabun dan pencuci tangan) atau KOH (untuk sabun cair) dan minyak sayur, minyak kelapa, dan minyak zaitun, lalu dicampur dan didiamkan. Semua bahannya mudah didapatkan dan dijamin ada di rumah, sehingga diharapkan setiap warga mempunyai keinginan untuk membuat sabun sendiri, sehingga lebih terjangkau dan dapat mengisi waktu dengan hal-hal yang bermanfaat.

## 7.4 Kerajinan

Kerajinan tangan adalah kegiatan yang berhubungan dengan kerajinan tangan atau barang buatan tangan (*handicraft*), biasanya terbuat dari bahan yang berbeda-beda. Kami membuat hiasan, benda seni atau benda bekas dari kerajinan ini. Secara umum istilah ini digunakan untuk cara pembuatan barang secara tradisional. Kerajinan mempunyai dua fungsi yaitu fungsi fungsional dan fungsi dekoratif. Fungsi kegunaan adalah kerajinan yang hanya mengutamakan kegunaan barang kerajinan tersebut dan menambah keindahan agar menjadi menarik. Fungsi dekoratif adalah kerajinan tangan yang mengutamakan keindahan saja, tanpa memperhatikan kegunaan benda tersebut. Contoh kerajinan tersebut adalah miniatur, patung, dan lain-lain, yang tidak lain hanyalah kegembiraan bagi yang melihatnya.



**Gambar 7.4.** Aneka kerajinan dari cangkang kerang

Terarium atau Vivarium merupakan replikasi mini suatu ekosistem terdiri dari elemen tanaman, mikroorganisme, dan mineral yang diletakkan dalam wadah kaca transparan. Terarium akan menampilkan taman miniatur dalam media kaca. Terarium dapat mensimulasikan kondisi di alam yang sebenarnya dalam media kaca tersebut. Misalnya terarium dapat mensimulasikan ekosistem gurun, ekosistem padang pasir, ekosistem hutan hujan tropis maupun ekosistem lainnya.

### **Cara Membuat Kerajinan Kerang**

#### **a) Membuat pot**



**Gambar 7.5.** Pot dari cangkang kerang

#### **Berikut langkah-langkah membuat pot dari cangkang**

1. Siapkan kerang yang sudah dibersihkan diatas koran bekas, untuk diwarnai dengan pilok atau cat (akan digunakan juga untuk membuat bunga).
2. Mulailah mempilok atau mengecat seluruh bagian kerang.
3. Keringkan kerang yang sudah dipilok atau dicat tadi selama kurang lebih 30 menit.
4. Siapkan kaleng susu bekas yang telah dibersihkan.

5. Kemudian lapisi permukaan kaleng susu dengan kain flanel yang telah disiapkan.
6. Setelah kaleng susu dilapisi dengan kain flanel, tempelkan kerang yang sudah kering sesuai dengan bentuk yang kita inginkan.
7. Berikan variasi disela-sela kerang, seperti menempelkan mutiara kecil.
8. Tambahkan renda atau pita untuk memperindah pot dari kaleng susu tadi.

#### **b) Membuat bunga**



**Gambar 7.6.** Bunga dari cangkang kerang

Berikut langkah-langkah membuat bunga

1. Sebelumnya cat/pilok dan terlebih dahulu kerrang untuk membuat bunga dengan aneka warna, Siapkan kerang yang sudah dipilok atau dicat tadi.
2. Gabungkan antara tangkai yang telah dibuat tadi dengan bunga yang akan diolah menggunakan kerang tersebut.
3. Untuk penopang tangkai, gunakan gabus dan masukan gabus pada kaleng susu bekas tadi untuk menancapkan tangkai yang telah dibuat.
4. Untuk memperindah dan mempercantik kerajinan tersebut, tambahkan beberapa variasi pernik-sesuka kita.

### c) Membuat Terrarium



**Gambar 7.7.** Terarium dari cangkang kerang

#### Bahan-Bahan Yang Diperlukan

Setelah kita mengetahui model dan bahan tangki yang akan kita gunakan, kita perlu menyiapkan bahan-bahan lain seperti berikut: pasir, batu bara, tanah, tanaman kecil, perlengkapan terarium seperti batu, sumpit, corong (opsional) dan serbet untuk membersihkan.

Berikut langkah-langkah membuat terrarium.

1. Lapisi bagian bawah wadah kaca atau plastik dengan 1,5 inci atau sekitar 3 cm batu kecil. Lapisan bawah dari batu-batu kecil ini berfungsi sebagai pengeringan untuk taman mini ini.
2. Setelah itu, tambahkan lapisan tipis arang aktif. Arang aktif berfungsi melawan pertumbuhan bakteri di dalam wadah.
3. Lanjutkan dengan menuangkan tanah dengan cukup banyak agar menutupi akar tanaman. Sebaiknya lapisan tanah sekitar 2,5 inci atau 6,3 cm.
4. Masukkan tanaman hias yang akan kamu gunakan. Kamu bisa mulai dari tanaman dengan ukuran paling besar terlebih dahulu. Pindahkan

tanaman dari pot dan pangkas akarnya. Lalu, lubangi tanah cukup besar agar pas dengan akar tanaman. Masukkan tanaman ke lubang dan mulailah untuk menatanya.

5. Jika ada yang kotor di sekitar wadah terrarium, kamu bisa membersihkannya dengan tisu.
6. Pastikan kamu melakukan penyiraman setiap 2 minggu atau ketika tanah terlihat kering.
7. Hal yang paling penting adalah hindari meletakkannya di bawah sinar matahari langsung.





## GLOSARIUM

**DHA** : Asam dokosaheksaenoat merupakan asam lemak tak jenuh rantai panjang golongan omega-3, yang banyak dijumpai di otak dan retina mata, sehingga sangat penting untuk fungsi penglihatan. DHA dibuat dari senyawa induknya yaitu asam linolenat atau ada yang menyebutnya sebagai ALA.

**Enzim** : Ion molekul adalah protein yang bertindak sebagai katalis dalam reaksi kimia organik. Fungsi enzim adalah sebagai biokatalis suatu reaksi kimia. Energi yang dibutuhkan enzim dalam reaksi kimia sangat kecil, sehingga bekerja dengan cara mengurangi energi aktivasi.

**Fermentasi** : Fermentasi atau peragian adalah proses produksi energi dalam sel dengan keadaan anaerobik yang menghasilkan perubahan biokimia organik melalui aksi enzim.

**Flavonoid** : Flavonoid merupakan senyawa yang terdiri dari 15 atom karbon dan umumnya terdapat pada kingdom tumbuhan. Lebih dari 2.000 flavonoid yang berasal dari tumbuhan telah diidentifikasi, namun tiga kelompok yang umum dipelajari, yaitu antosianin, flavonol, dan flavon.

**Hipoksantin**: Turunan purin alami. Kadang-kadang ditemukan sebagai konstituen asam nukleat, di mana ia hadir dalam antikodon

tRNA dalam bentuk nukleosida inosinnya. Ini memiliki tautomer yang dikenal sebagai 6-hidroksipurin.

**Histamin:** Senyawa nitrogen amina organik, juga disebut bioamina. Histamin terlibat dalam sistem kekebalan tubuh, mengatur sistem pencernaan dan bertindak sebagai neurotransmitter di otak, sumsum tulang belakang, dan rahim.

**EPA :** Asam eikosapentanoat atau eicosapentanoic acid merupakan salah satu asam lemak omega-3 esensial. Asam eikosapentanoat disebut juga asam timnodonat. Berdasarkan struktur kimianya, asam eikosapentanoat merupakan asam karboksilat yang memiliki 20 rantai karbon dan lima ikatan ganda cis.

**Freezer burn :** Kondisi yang terjadi ketika makanan beku mengering. Ini dapat terjadi karena udara mengenai makanan, atau air menguap dari makanan karena suhu freezer yang tidak konsisten. *Freezer burn* biasanya terlihat dari makanan yang tertutup oleh es, atau berubah warna (biasanya gelap)

**Karotenoid:** Pigmen organik yang ditemukan di kloroplas dan kromoplas tumbuhan dan kelompok organisme lain seperti alga, beberapa bakteri, dan beberapa jamur. Semua organisme ini dapat menghasilkan karotenoid dari lipid dan molekul yang membentuk metabolit organik dasar.

**Omega 3** : Asam lemak omega-3 adalah asam lemak tak jenuh ganda yang ditandai dengan adanya ikatan rangkap tiga atom dari gugus metil terminal dalam struktur kimianya.

**Oksidasi lemak** : Fenomena yang umum dan sering memberikan perubahan kimia yang berdampak pada penurunan kualitas nutrisi, flavor dan perubahan tekstur produk. Perubahan kimia tersebut bertanggung jawab terhadap terjadinya ketengikan flavor dan aroma.

**Radikal bebas** : Radikal bebas adalah molekul yang kehilangan satu buah elektron dari pasangan elektron bebasnya, atau merupakan hasil pemisahan homolitik suatu ikatan kovalen. Akibat pemecahan homolitik, suatu molekul akan terpecah menjadi radikal bebas yang mempunyai elektron tak berpasangan.

**Retinoid**: Radikal bebas adalah molekul yang kehilangan satu elektron dari pasangan elektron bebasnya atau akibat pembelahan ikatan kovalen homolitik. Akibat degradasi homolitik, molekul dengan elektron tidak berpasangan terurai menjadi radikal bebas.

**Riboflavin**: Dikenal juga sebagai vitamin B<sub>2</sub>, adalah mikronutrisi yang mudah dicerna, bersifat larut dalam air, dan memiliki peranan kunci dalam menjaga kesehatan pada manusia dan hewan.

**Substrat** : Spesies kimia yang diamati dalam suatu reaksi kimia, yang secara alami adalah organik dan bereaksi dengan pereaksi menghasilkan

suatu produk. Dalam sintesis kimia dan kimia organik, substrat adalah bahan kimia yang menjadi subyek untuk dimodifikasi

## DAFTAR PUSTAKA

- Abbas, A. K, Lichtman AH. (2009). Basic Immunology, Edisi Ketiga. Philadelphia, Pennsylvania: Saunders Elsevier.
- Abbaspour, N., Hurrell, R., Kelishadi, R. (2014). Review on iron and its importance for human health. Journal of research in medical sciences : the official journal of Isfahan University of Medical Sciences, 19(2): 164–174.
- Ackman, R.G. (1989). Nutritional composition of fats in seafoods. Progress in Food and Nutrition Science. 13(3-4), 161–241.
- Adawyah. R. (2007). Pengolahan dan Pengawetan Ikan. Penerbit Bumi Aksara. Jakarta.
- Adebowale, O.K.(2008). Emulsifying properties of mucuna flour and protein isolates. Journal of Food Technology. 6:66-79.
- Affeld K. (2007). Spatial complexity and microclimatic responses of epiphyte communities and their invertebrate fauna in the canopy of northern rata (*Metrosideros robusta* A. Cunn.: Myrtaceae) on the West Coast of the South Island, New Zealand. Lincoln University, Canterbury, New Zealand.
- Afrianto, E., dan E. Liviawaty. (1989). Pengawetan dan Pengolahan Ikan. Yogyakarta: Kanisius
- Afrianto, E. dan Linawati,E.(2010). Pengawetan dan Pengolahan Ikan, Kanisius, Yogyakarta.
- Ah, H., Yousof, J., Himanshu, A., Bhakta, K., & Choi, J. S. (2016). Prunin is a highly potent flavonoid from *Prunus davidiana* stems that inhibits protein tyrosine phosphatase 1B and stimulates glucose uptake in insulin-resistant HepG2 cells. Archives of Pharmacal Research. <https://doi.org/10.1007/s12272-016-0852-3>

- Ahmed, M. I.,( 2017). Impact of maternal age and parity in incidence of placenta previa. *International Journal of Current Research*, 9(6), pp.53060-53064
- Akram, M. et al. (2020) ‘Vitamins and Minerals: Types, Sources and Their Functions’, *Functional Foods and Nutraceuticals*, (June), pp. 149–172. doi: 10.1007/978-3-030-42319-3\_9.
- Anderson, James E. (1969). *Public Policy Making*. New York: Holt Rinehart and Winston.
- Anderson, and Weitz (1992): “The Use of Pledgs to Build and Sustain Commitment in Distribution Chanel”, *Journal of Marketing*, Vol.54:pp.18-34.
- Anggraini, S., Bhatara, A.M, Elka , A.K., Istiqomah, M dan Hartana, R.F.(2013). Makalah proses thermal hasil perikanan sejarah Pengalengan dan pengalengan secara umum. UGM :Yogyakarta.
- Ara, N. and Nur, H. (2009) In Vitro Antioxidant Activity of Methanolic Leaves and Flowers Extracts of *Lippia alba*. *Research Journal of Medicine and Medical Sciences*, 4, 107-110.
- Association for Measurement and Evaluation of Communication (AMEC). Glossary: Plain Speaking. Diakses pada November 2023 di [http://amecorg.com/2023/11/glossary\\_plain\\_speaking/](http://amecorg.com/2023/11/glossary_plain_speaking/)
- Anderson, E.T. & McFarlane, J. (2006). *Buku Ajar Keperawatan Komunitas: Teori dan Praktek*. Jakarta: Penerbit Buku Kedokteran EGC.
- Angelova, B., & Zekiri, J. (2011). Measuring Customer Satisfaction with Service Quality Using American Customer Satisfaction Model (ACSI Model). *International Journal of Academic Research in Business and Social Sciences*, 1(3), 27. <https://doi.org/10.6007/ijarbss.v1i2.35>

- Angelova, M.G., Tsvetelina, V.M., Andrii, N.L, Vania ,N.K, and Atanaska, N.B. (2014). “Trace Element Status (Iron, Zinc, Copper, Chromium, Cobalt, and Nickel) in Iron-Deficiency Anaemia of Children under 3 Years.” *Anemia* 2014. <https://doi.org/10.1155/2014/718089>. Aoki dan Ueno (1998)
- Aschner, J. L., and Aschner, M. (2005). Nutritional aspects of manganese homeostasis. *Molecular Aspects of Medicine*, 26(4-5 SPEC. ISS.), 353–362.
- Aubourg S, Losada V, Prado M, Miranda J, Valazquez J. (2007). Improvement of The Commercial Quality of Chilled Noeway Lobster (*Nephrops norvegicus*) Stored in Slurry Ice: Effects of A Preliminary Treatment with An Antimelanotic Agent on Enzymatic Browning. *Food Chemistry*. 103(3): 741-748.
- Angcivioletta.(2014).Teknologi Surimi dan Produk Olahannya. *Majalah BIAM* vol 10(1). Manado.
- Ashton & Chris.(2000). Pengetahuan Praktis Istilah Food and Beverage International, PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta,
- Audley, C.M.G.(1978). Indonesian and Philippines Archipelagoes. In Moullade , M. and Naim, A.E.M.T.(eds). *The Phanerozoic geology of the world II : The mesozoic A*,pp 165-207
- Avena, N.M.,Rada,P.,& Hoebel,G.B.(2008). Evidence for sugar addiction: Behavioral and neurochemical effects of intermittent, excessive sugar intake. *Neurosci Biobehav Rev*. 2008 ; 32(1): 20–39.
- Bagamboula, C.F., Uyttendaele, M., Debevere, J.(2004). Inhibitory effect of thyme and basil essential oils, carvacrol, thymol, estragol, linalool and p-cymene towards *Shigella sonnei* and *S. flexneri*. *Food Microbiol*, 21: 33-42.

- Baker, K.F. dan R.J. Cook. (1974). *Biological Control of Microbial Plant Pathogen*. San Fransisco. Freeman WH
- Balami S, Sharma A, & Karn R. Significance of nutritional value of fish for human health. *Malaysian J Halal Res J*. (2019) 2:32–4.[doi:10.2478/mjhr-2019-0012](https://doi.org/10.2478/mjhr-2019-0012)
- Balfego, M.,Canivell, S., & Hanzu, F.A.,(2016). Effects of sardine-enriched diet on metabolic control, inflammation and gut microbiota in drug-naive patients with type 2 diabetes:apilo trandomized trial.*Lipids Health Dis*15,78.
- Balfego, M.,Canivell,S.,& Hanzu,F.A.(2016). Effects of sardine-enriched diet , inflammation and gut microbiota in drug-naive patients with type 2 diabetes:apilotrandomizedtrial. *Lipids Health Dis* 15,78.
- Ballesteros, F.R. (1993). The construct of Quality of Life among the Elderly. In E. Beregi, I. A. Gergely and K. Rajzi (Eds.): *Recent advances in Aging and Science*. Milan: Mondussi Ed., pp. 1927-1930.
- Barber, N & Almanza, B.(2006). Influence of Wine Packaging on Consumers' Decision to Purchase. *Journal of Foodservice Business Reseach*. Vol. 9, No. 4.
- Batchelor,A.M., & Garthwaite, J.(1997). Frequency detection and (20–200 A/50–200s) with a large pipette (approximately) 0.5–1 temporally dispersed synaptic signal association through a metabo-M) placed in the molecular.*Nature* 385,74–77.
- Bender, R & Lipinsky, E. (1980). Critical voices on the economy. *Survey*, 25, 38-42.
- Berkel, B.M. van, Boogard B van de, Heijnen C. (2004). *Preservation of fish and meat*. Wageningen: Agromisa Foundation. 86 hlm.



- Berra, T. (2009). Charles Darwin: The Concise Story of an Extraordinary Man. The Johns Hopkins University Press, Baltimore.
- Berge, J.-P. and Barnathan, G. (2005) Fatty Acids from Lipids of Marine Organisms: Molecular Diversity; Role as Biomarkers; Biologically Active Compounds and Economical Aspects. *Advances in Biochemical Engineering/Biotechnology*, 96, 49-125. <https://doi.org/10.1007/b135782>
- Boran, G. and Karaçam, H. (2011). Seasonal changes in proximate composition of some fish species from the Black Sea. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 11(1), 1-5.
- Borel, P., Drai J., Faure H., Fayol V., Galabert C., Laromiguiere M., & L, M G.,(2005). Recent Knowledge About Intestinal Absorption and Cleavage of Carotenoids, *Ann. Biol. Clin.* 63 165–17
- Borgstrom, 1968
- Boschin, G. and Arnoldi, A. (2011). Legumes are valuable sources of tocopherols. *Food Chemistry*, 127, 1199-1203. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.01.124>
- BSN 2016
- Bragagnolo N., Rodriguez-Amaya D.B. (2003). Comparison of the cholesterol content of Brazilian chicken and quail eggs. *J. Food Comp. Anal.* 16: 147-153.
- Bredholt, M., & Frederiksen, J. L. (2016). Zinc in Multiple Sclerosis : A Systematic Review and Meta-Analysis. *Journal of Neuro-Oncology*, 8 (3), pii : 1759091416651511. <https://doi.org/10.1177/1759091416651511>
- Bucher, H.C., R.J. Cook, G.H. Guyatt, J.D. Lang D.J. Cook , R. Hatala and D.L. Hunt, 1996. Effects of dietary calcium supplementation on

- blood pressure: a meta-analysis of randomized controlled trials. *JAMA*, 275: 1016-1022
- Buchman, A. S., Yu, L., Wilson, R. S., Boyle, P. A., Schneider, J. A., & Bennett, D. A. (2014). Brain pathology contributes to simultaneous change in physical frailty and cognition in old age. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*, 69, 1536–1544. doi :10.1093/gerona/glu117
- Buecker, S., Simacek, T., Ingwersen, B., Terwiel, S., Simonsmeier, B.A. (2020). Physical activity and subjective well-being in healthy individuals: a meta-analytic review. *Health psychology review* <https://doi.org/10.1080/17437199.2020.1760728>
- Buckle, K.A., Edwards, R.A. G.H. Fleet & Wooton, M. (1985). *Ilmu Pangan*. UI Press : Jakarta.
- Burhanuddin, I. (2014). *Ikan dan Segala Aspek Kehidupannya*. Yogyakarta: Deepublish.
- Burtin (2013)
- Bustillos, R.J.A., C.W. Olsen., D.A. Olson, B. Chiou, E. Yee, P.J. Bechtel and T.H. McHugh. (2006). Water vapor permeability of mammalian and fish gelatin films. *Journal of Food Science*, 4(71):202-207.
- Canyurt, M.A., & Akhan, S., (2008). Effect of Ascorbic Acid Supplementation on Sperm Quality of Rainbow Trout (*Onchorynchus mykiss*). *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 8: 171-175
- Capillas, C.R., A. Moral, J. Morales and P. Montero. (2002). Characterisation of non-protein nitrogen in the Cephalopods volador (*Illex coindetii*), pota (*Todaropsis eblanae*) and octopus (*Eledone cirrhosa*). *Food Chem.*, 76(2): 165-172.
- Carron, D.A. and M.E. Reusser, 1999. Finding consensus in the dietary calcium-blood pressure debate. *J. Am. Coll. Nutr.*, 18: 398S-405S.

- Cassen, Pat., Yuan, Chi, (1994) Resonantly driven nonlinear density waves in protostellar disks. *The Astrophysical Journal*, 437. 338pp. doi:10.1086/175000
- Chan. K.C., GA. Karolyi, F.A. Longstaff, and AB. Sanders.(1992). An empirical comparison of alternative models of the short-term interest rate, *Journal of Finance XLVII*, 1209-1227.
- Chan, C.W.Y.and Dallaire, M. (1989). Subjective pain sensation is linearly correlated with the flexion reflex in man.*Brain Res.*479: 145–150
- Chandran, Y., & Shah, P. M. (2019). Identifying Learners' Difficulties in ESL Reading Comprehension. *Creative Education*, 10, 3372-3384. <https://doi.org/10.4236/ce.2019.1013259>
- Chirife, J. (1994). Specific solute effects with special reference to *Staphylococcus aureus*. *J. Food Engineering* (in press)
- Church,A.H.,& Waclawski,J.(1998). *Designing and Using Organizational Surveys*. 1st Edition. London. <https://doi.org/10.4324/9781315258119>
- Cogswell, Dumford, Amber D., Cindy A., Miller, Angie L.(2016). The Who, What, and Where of Learning Strategies. *The Journal Devoted to Teaching Excellence*. 16 (1): 72-88.
- Combs, G. f., JJR., R. Blair, J. W. Hilton, R. L. Horst, G.E. G.E. Mitchell, JR., dan J.W. Suttie. (1987). *Vitamin Tolerance of Animals*. National Academy Press, Washington.
- CSIRO Food and Nutritional Sciences. (2010). *Make It Safe A Guide to Food Safety*.
- Australia. Dawczynski, C. ; Schubert, R. ; Jahreis, G., (2007). Amino acids, fatty acids, and dietary fibre in edible seaweed products. *Food Chem.*, 103 (3): 891–899

- Dempsey,P & Bansal,P.(2012). The art of Air Blast Freezing: Design and efficiency considerations. *Applied thermal engineering*, 41: 71-83
- Deng, Q., Yoo, S.K., Cavnar, P.J., Green, J.M., and Huttenlocher, A.(2011). Monoclonal antibodies directed against Fpr3 protein as molecular chaperones. *Hybridoma (Larchmt)* , 30(5):491-3
- Dalgaard, P., Madsen, H.L., Samieian, N. and Emborg, J. (2006). Biogenic amine formation and microbial spoilage in chilled garfish (*Belone belone*) - effect of modified atmosphere packaging and previous frozen storage. *Journal of Applied Microbiology*, 101: 80-95.
- Durani, P, & Leaper, D. (2008). Povidone-iodine: use in hand disinfection, skin preparation and antiseptic irrigation. *Int Wound J* ;5:376-387.
- Edem, D.O. (2009). Vitamin A: A Review. *Asian Journal of Clinical Nutrition*, 1: 65-82
- Ekasaputra.(2018). Pengaruh Pencucian dan Penyimpanan Pembuatan Surimi dan Kamaboko Ikan Nila ( *Oreochromis* sp). *Journal of Marine and Coastal Science*, 7(3)
- Emborg ME., Zhang Z., Joers,V., Brunne, K., Bondarenko, V, Ohshima, S, & Zhang, S.C.(2013). Intracerebral transplantation of differentiated human embryonic stem cells to hemiparkinsonian monkeys. *Cell Transplant.* 2013;22(5):831–8.
- Engvang, K. and Nielsen, H.H. (2000). In situ activity of chymotrypsin in sugar-salted herring during cold storage. *J. Sci. Food Agric.* 80, 1277-1283. Erliza, M.(1987). Pengantar Pengemasan. Laboratorium Pengemasan. Jurusan Teknologi Industri Pertanian, IPB, Bogor
- Ershow, AG.,Goodman, G., Coates, P.M, (2016). Research needs for assessing iodine intake, iodine status, and the effects of maternal iodine

supplementation. *American Journal of Clinical Nutrition* 104 (Suppl3):941S–949S

Fadli,H.,& Khairul,W.(2011).Manajemen proses pada pengalengan ikan lemuru (*Sardinella longiceps*) di PT.Pacific Harvest. Banyuwangi, Jawa Timur.

Fairweather-Tait and Hurrell.(1996). Bioavailability of Minerals and Trace Elements. *Nutrition Research Reviews*, 9, 295-324. <https://doi.org/10.1079/NRR19960016>

Falch, T.(2011).Teacher mobility responses to wage changes: Evidence from a Quasi-Natural Experiment. *American Economic Review*, 1(3): 460.doi=10.1257/aer.101.3460

FAO—Food and Agricultural Organization of the United Nations (1971). *Silvicultural research in the Amazon National Forestry School* (192 p). Curitiba: FAO.FAO 1973

FAO-Food and Agriculture Organization (1986) *Manuals of food quality control*. FAO Food Nutrition Paper 14/7. FAO, Roma.

FAO (2005) *State of the World's Forests 2005*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.

Fleury,N.,& Lahaye,M.(1991). Chemical and Physico-chemical Characterisation of Fibres from *Laminaria digitata* (*Kombu breton*): a Physiological Approach. *J Sci Food Agric* 1991, 55, 389-400

Fraser, O., and S.Sumar. (1998). Compositional Changes and Spoilage In Fish-an Introduction. *Nutrition & Food Science* 98 (5) : 275-279.

Frankel, E.N. (1985). Chemistry of Free Radical and Single Oxidation of Lipids. *Progress. Lipid Res.*, 23: 197-221

Galap,C., Netchitallo,P.,Leboulenger,F., & Grillot,J.P.(1999). Variations of fatty acid contents in selected tissues of the female dog cockle

(*Glycymeris glycymeris* L., Mollusca, Bivalvia) during the annual cycle.22 (2) : 241-254

- Gaman,A.M.,& Gaman,M.A.(2014). Immune Thrombocytopenia in Chronic Lymphocytic Leukemia. *Journal of Blood Disorders & Transfusion*, 5(3): 1-4. doi: 10.4172/2155-9864.1000198
- George,E.I. and Mc Culloch,R.(1993).On obtaining in variant prior distributions. *J.Statist. Planning and Inference*37,169–179.
- Gerling, C.; Wätzold, F.; Theesfeld, I.; Drechsler, M.; Nixdorf, B.; Isselstein, J.; Pirscher, F.; Rücker, J.; Sturm, A. (2019). Modeling the co-evolution of natural, economic and governance subsystems in integrated agro-ecological systems: Perspectives and challenges☆. *Ecological Complexity*, 40(), 100792–. doi:10.1016/j.ecocom.2019.100792
- Gök, T., S., Özoğul, F., Tangolar, S., Yağmur, C., 2011. Tocopherol content in fifteen grape varieties obtained using a rapid HPLC method. *J. Food Compos. Anal.*, 481–486
- Gökođlu, N. and Yerlikaya, P. (2003) Determination of proximate composition and mineral contents of bluecrab (*Callinectes sapidus*) and swim crab (*Portunuspelagicus*) caught off the Gulf of Antalya. *Food Chem.*80: 495-49
- Goldschmidt, G. and Rodgers, P.A. (2013) The Design Thinking Approaches of Three Different Groups of Designers Based on Self-Reports. *Design Studies*, 34, 454-471. <https://doi.org/10.1016/j.destud.2013.01.004>
- Gokoglu, N., Yerlikaya, P., & Topuz, O. K. (2012). Effects of tomato and garlic extracts on oxidative stability in marinated anchovy. *Journal of Food Processing and Preservation*,36(3), 191–197

- Gokoglu, N. Yerlikaya, P. and Topuz, O.P.(2011). Effects of tomato and garlic extracts on oxidative stability in marinated anchovy. *Journal of Food Processing and Preservation*. 36: 191–197.
- Graham, W.F. and Duce, R.A. (1982) The Atmospheric Transport of Phosphorus to the Western North Atlantic. *Atmospheric Environment*, 16, 1089-1097.[https://doi.org/10.1016/0004-6981\(82\)90198-6](https://doi.org/10.1016/0004-6981(82)90198-6)
- Graham, E. (2006). Classics in human geography revisited: Commentary 1. *Progress in Human Geography*, 30(6), 812–814. doi:10.1177/0309132506071532
- Gram, L., & Huss, H.H. (2000). Fresh and processed fish and shellfish. In: Lund BM, Baird-Parker, A.C.,Gould, G.W(eds). *The microbiological safety and quality of foods*.Chapman&Hall,London, pp 472–506
- Gram, L. and Dalgaard, P. (2002) Fish Spoilage Bacteria Problems and Solution. *Current Opinion in Biotechnology*, 13, 262-266. [https://doi.org/10.1016/S0958-1669\(02\)00309-9](https://doi.org/10.1016/S0958-1669(02)00309-9)
- Guillén,S., Rosa,A., Wellenreuther, Maren., Chávez, Ríos., Jesús,R., Beatty, C.D., Rivas,T., Anais., Velasquez,V., María., Cordero,Rivera., Adolfo (2017). Alternative reproductive strategies and the maintenance of female color polymorphism in damselflies. *Ecology and Evolution*, ( ), –. doi:10.1002/ece3.3083
- Gurunathan, T., Mohanty, S. & Nayak, S.K. (2015) A Review of the Recent Developments in Biocomposites Based on Natural Fibres and Their Application Perspectives. *Composites: Part A*, 77, 1-25. <http://dx.doi.org/10.1016/j.compositesa.2015.06.007>
- Hadiwiyoto. (1983).*Hasil-Hasil Olahan Susu, Ikan, daging dan telur*.Edisi ke-2 Liberty:Yogyakarta.Haard, 1995

- Handayani, K., Ekowati, C. N., & Pakpahan, M. (2013). Karakterisasi fisiologi dan pertumbuhan isolat bakteri *Bacillus thuringiensis* dari tanah naungan di lingkungan Universitas Lampung. Seminar Nasional Sains dan Teknologi V. Lampung: Lembaga Penelitian Universitas Lampung.
- Hall, R., Ali, J.R., Anderson, C.D., & Baker, S.J. (1995). Origin and motion history of the Philippine Sea Plate. *Tectonophysics*, 251 (1-4): 229-250
- Harnedy, P.A. and Gerald, F.R.J. (2012). Bioactive peptides from marine processing waste and shellfish: a review. *Journal of Functional Foods* 4: 6-24.
- Hasibuan, N.E., Azka, A., Basri., Mujiyanti, A., Heinrich, M.T., Xuebing, Xu., Nielsen, N.S., Jacobsen, C. (2004). Skrining fitokimia ekstrak etanol daun *Avicennia marina* dari kawasan bandar bakau dumai, *Aurelia Journal* Vol 4, No 2 (2022): doi: 10.15578/aj.v4i2.11626
- Hochachka, P.W. (Ed.) (1983). *The Mollusca, Volume 1. Metabolic biochemistry and molecular biomechanics.* Academic Press: New York. ISBN 0-12-751401-5. XVIII, 510 pp.
- Hoffman, P.R., & Berry, M.J. (2008). The influence of selenium on immune responses. *Mol Nutr Food Res.* 52(11) : 1273–1280. doi:10.1002/mnfr.200700330.
- Holdt, S.L. and Kraan, S. (2011) Bioactive Compounds in Seaweed: Functional Food Applications and Legislation. *Journal of Applied Phycology*, 23, 543-597. <http://dx.doi.org/10.1007/s10811-010-9632-5>
- Halling-Sorensen, B., Nors Nielsen, S., Lanzky, P.F., et al. (1998) Occurrence, Fate and Effects of Pharmaceutical Substances in the Environment —A Review. *Chemosphere*, 36, 357-393. [http://dx.doi.org/10.1016/S0045-6535\(97\)00354-8](http://dx.doi.org/10.1016/S0045-6535(97)00354-8)



- Hultin, H.O.(1994).Oxidation on Lipids in Seafoods.(E.G.Bligh), Fishing news book, Oxford,pp.49-50
- Hui, Y.H.(2006). Handbook of Food Science, Technology, and, Engineering Volume I. CRC Press, USA
- Huis,A.V.(2003). Insects as food in sub Saharan-Africa. *Insect sci applic vol* 23(3) : 163-185
- Huss, H. H. (1995). Quality and Quality Changes in Fresh Fish. Roma: Food and Agriculture Organisation (FAO) of the United Nations. 51-92 pp.
- Huynh, M.D. & Kitts, D.D. (2009). Evaluating nutritional quality of pacific fish species from fatty acid signatures. *Food Chemistry* 114(3):912-918.
- Ilyas, 1983. *Teknologi Refrigerasi Hasil Perikanan. Teknik Pendinginan Ikan.* C.V Paripurna. Jakarta. 237 hlm.Jakarta : Bhatara Aksara.
- Jabeen, F., Chaudhry, A.S. (2011).Chemical compositions and fatty acid profiles of three freshwater fish species. *Food Chemistry* 125, 991-996.
- Johnston, H., Larana, E., & Gusfield, J. R. (1994). Identities, grievances, and new social movements. In E. Larana, H. Johnston and J. R. Gusfield (Eds.), *New social movements: From ideology to identity* (pp. 3- 35). Philadelphia: Temple University Press.
- Jones R. A. (2022). Thinking in opposites: The psychologies of Carl Gustav Jung and George Kelly. *Theory & Psychology*, 32(4), 634–650. Crossref
- Kamangar, F., & Emadi, A. (2012). Vitamin and mineral supplements: do we really need them? *International journal of preventive medicine*, 3(3), 221-226
- Katerina, T., Vassilia, J.S., Sofia , M.M.(2010). Comparative analysis of the fatty acid and sterol profiles of widely consumed Mediterranean

crustacean species. , 122(1), 292–299.  
doi:10.1016/j.foodchem.2010.02.019

- Lanier, T.C. (1992). Measurements of surimi composition and functional properties. Di dalam : Lanier TC, Lee CM (eds). *Surimi Technology*. New York: Marcel Dekker, Inc. f. Moniharapon
- Kalogeropoulos AP, Georgiopoulou VV, Murphy RA, Newman AB, Bauer DC, Harris TB, Yang Z, Applegate WB, Kritchevsky SB. (2015). Dietary sodium content, mortality, and risk for cardiovascular events in older adults: the Health, Aging, and Body Composition (Health ABC) Study. *JAMA Intern Med*;175:410-9.
- Khayat, A. & Schwall, D. (1983). Lipid oxidation in seafood. *Fd. Technol*, 37(7), 13-40
- Kikuchi, Y., Verkade, H., Reiter, J.F., Kim, C.H., Chitnis, A.B., Kuroiwa, A., and Stainier, D.Y. (2004). Notch signaling can regulate endoderm formation in zebrafish. *Developmental Dynamics : an official publication of the American Association of Anatomists* 229 (4): 756-762 <https://doi.org/10.1002/dvdy.10483>
- Kolanowski A, Hoffman L, & Hofer SM (2007). Concordance of self-report and informant assessment of emotional well-being in nursing home residents with dementia. *The Journals of Gerontology Series B: Psychological Sciences and Social Sciences*, 62(1), P20–P27. [10.1093/geronb/62.1.P20](https://doi.org/10.1093/geronb/62.1.P20)
- Kumaria, S.; Rath, P.K. (2014). *Procedia Materials Science* 6, 3rd International Conference on Materials Processing and Characterisation (ICMPC 2014)., 2014, 482 – 488
- Lahaye, M. (1991) *Marine-Algae as Sources of Fibers—Determination of Soluble and Insoluble Dietary Fiber Contents in Some Sea Vegetables*.

- Journal of the Science of Food and Agriculture, 54, 587-594.  
<http://dx.doi.org/10.1002/jsfa.2740540410>
- Lall, S., & Pietrobelli, A. (2002). Failing to compete: Technology development and technology systems in Africa. Cheltenham: Edward Elgar.
- Lee, A.S. "Electronic Mail as a Medium for Rich Communication: An Empirical Investigation Using Hermeneutic Interpretation," MIS Quarterly (18:2), June 1994, pp. 143-157.
- Lestari, Masayu. G. (2011) Ide Bisnis Dimsum Rumput Laut Isi Jamur. Universitas Airlangga. Surabaya.
- Leistner, L. (2000). Basic aspects of food preservation by hurdle technology. , 55(1-3), 181–186. doi:10.1016/s0168-1605(00)00161-6
- Leone, R.; Rao, V.; Keller, K.; Luo, A.; MacAlister, L. and Srivastava, R. (2006). Linking Brand Equity to Customer Equity. Journal of Service Research, Volume 9, No. 2, November, p125-138
- Lin, H., S. Lee, L. Sun, M. Spellings, M. Engel, C. Glotzer Sharon, and A. Mirkin Chad. 2017. Clathrate colloidal crystals. Science 355(6328):931-935. DOI: 10.1126/science.aal3919.
- National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. 2022. New Directions for Chemical Engineering. Washington, DC: The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/26342>.j
- Lopez-Osorio, F., Pickett, K.M., Carpenter, J.M., Ballif, B.A., Agnarsson, I., (2014). Phylogenetic relationships of yellowjackets inferred from nine loci (Hymenoptera: Vespidae, Vespinae, Vespula and Dolichovespula). Mol. Phylogenet. Evol. 73, 190–201.

- Lourenço, N., Machado, C.R., Jorge, M.R. (2009). Tourism, environment and sustainable development. Local strategies for improving rural livelihoods in Bahia (Brazil) and Goa (India). *MGNotícias*, 9, pp.14-21.
- Lunn, J. and Theobald, H. (2006) The Health Effects of Dietary Unsaturated Fatty Acids. *Nutrition Bulletin*, 31, 178-224. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1467-3010.2006.00571.x>
- Madani, K., & A. Dinar (2012), Non-cooperative institutions for sustain-able management of common pool resources, *Ecol. Econ.*, 74, 34–45
- Mayasari, L.D.(2013). Pengaruh hasil tangkapan ikan Lemuru terhadap produksi pengalengan ikan PT Maya Muncar di kecamatan muncar banyuwangi. Universitas Negeri Surabaya.
- Mahmoud, M. M. (2006). Manure tea and amino acids as potential economic and safe substitutes for mineral and organic fertilization and the effect on growth, yield and chemical composition of faba bean plants. *J.Soil Sci. and Agric. Eng., Mansoura Univ.*, Vol. 2 (10): 1059 - 10
- Matkovic V & Ilich JZ.(1993). Calcium requirements for growth: are current recommendations 2006 adequate?. *Nutrition Reviews*, 51, 171-180.
- Margaret P, R.(2000). The importance of selenium to human health. , 356(9225), 0–241. doi:10.1016/s0140-6736(00)02490-9
- MacArtain, P., Gill, C.I. and Brooks, M. (2007) Nutritional Value of Edible Seaweeds. *Nutrition Reviews*, 65, 535-543. <https://doi.org/10.1111/j.1753-4887.2007.tb00278.x>
- McGregor, S. L. T. (2008). Conceptualizing immoral and unethical consumption using neutralization theory. *Family and Consumer Sciences Research Journal*, 36(3), 261–276. <https://doi.org/10.1177/1077727X07312190>
- Melianawati, R., Pratiwi,R., Puniawati,N., & Astuti,P.(2022). The role of zooplankton as live feeds on the thyroid hormone profile related to

- metamorphosis of marine fish larvae coral trout *Plectropomus leopardus* (Lacepède, 1802), *Aquaculture and Fisheries*, 7(2): 179-184
- Hanene, M., Kemel, C., Bakhrouf, A., Noura, E., & Emna, A. (2008). Freezing effects on survival of *Listeria monocytogenes* in artificially contaminated cold fresh-salmon. , 58(3), 471–476. doi:10.1007/bf03175545
- Miller, T., Krogan, N.J., Dover, J., Erdjument, B.H, Tempst, P., Johnston, M., Greenblatt, J.F., Shilatifard, A. (2001) COMPASS: a complex of proteins associated with a trithorax-related SET domain protein. *Proc Natl Acad Sci U S A* 98(23):12902-7
- Mina, M. Bugmann, H., Cordonnier, T., Irauschek, Florian., Klopčič, Matija., Pardos, Marta., Cailleret, & Maxime (2016). Future ecosystem services from European mountain forests under climate change. *Journal of Applied Ecology*, (), –. doi:10.1111/1365-2664.12772
- Morlier, P., Amokrane, K., Duchamps, J.M. (1989). L' Effet D' Échelle En Mécanique Des Roches Recherche De Dimensions Caractéristiques. *Revue française de géotechnique* 5–13.
- Mulayadi, N. (2011). Pengemasan Bahan Hasil Pertanian, Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan, Pusat Pengembangan dan Pemberdayaan Pendidik dan Kependidikan Pertanian, Cianjur
- Mulyani, Widiarti, R., & Wardhana, W. (2012). Sebaran spasial spesies penyebab harmful *Algal bloom* (hab) di lokasi budidaya kerang hijau (*Perna viridis*) kamal muara, jakarta utara, pada bulan mei 2011. *Jurnal Akuatika*, 3(1): 28-39
- Muyonga, J.H; C.G.B. Cole; K.G. Duodu (2004). Characterisation of acid soluble collagen from skins of young and adult Nile perch (*Lates niloticus*). 85(1), 81–89. doi:10.1016/j.foodchem.2003.06.006

- Nasution, J., Riyanto, R., & Prabowo, D. (2017). Uji efektivitas bio-insektisida ekstrak daun tembakau (*Nicotiana tabacum* L) dan rimpang jeringau (*Acorus calamus* L) terhadap hamawereng coklat (*Nilaparvata lugens*) pada tanaman padi. *eksakta: Jurnal Penelitian dan Pembelajaran MIPA*, 2(2), 92-95.
- Nishimura, S. (1998). "Quaternary Are Volcanic of Sunda and Southwest Japan Are" Symposium on Japan-Indonesia IDNDR Project, Bandung, September 1998, Indonesia, pp 215-221
- Najwan, A.Z., Said, M.A.M., Nawi, N.D., Saiful, N.M. (2021). The effects of electrode configurations towards plasma current sheath in mather type plasma focus by using mathematical modeling . Proceedings of the 14<sup>th</sup> asia-pacific physics conferenceaip Conference Proceedings. doi:10.1063/5.0037110 Naveh et al. 1995
- Nisa, K., dan Asadullah, K. (2011). Seasonal variation in chemical composition of the Indian mackerel (*Rastrelliger kanagurta*) from Karachi Coast. *Iranian Journal of Fisheries Sciences*, 10(1) 67-74
- Ninawe , A.S & K. Rathnakumar. (2008). Publisher, Narendra Publishing House, . ISBN, 8185375895, 9788185375892. Length, 562 pages
- Novotny, T. E., Hardin, S. N., Hovda, L. R., Novotny, D. J., McLean, M. K., Khan, S. (2011). Tobacco and 495 cigarette butt consumption in humans and animals. *Tob. Control.* 20(1) i17-i20.
- Nurnadia, A.A., Azrina, A. & Amin, I. (2011) Proximate Composition and Energetic Value of Selected Marine Fish and Shellfish from the West Coast of Peninsular Malaysia. *International Food Research Journal*, 18, 137-148.

- Ólafsdóttir, H. Freyja; Bush, Daniel; Barry, & Caswell (2018). The Role of Hippocampal Replay in Memory and Planning. *Current Biology*, 28(1), R37–R50. doi:10.1016/j.cub.2017.10.073
- O'Mullane, D. M., Baez, R. J., Jones, S., Lennon, M. A., Petersen, P. E., Rugg-Gunn, A. J., Whelton, H., & Whitford, G. M. (2016). Fluoride and oral health. *Community Dental Health*, 33(2), 69-99. [https://doi.org/10.1922/CDH\\_3707O'Mullane31](https://doi.org/10.1922/CDH_3707O'Mullane31)
- Okuzumi, M dan Fuji T. (2000). Nutritional and Functional Properties of Squid and Cuttlefish Japan : National Cooperative Association of Squid Processors. V.232 (1-2):63-86.
- Olafsdottir, L. B., Gudjonsson, H., Jonsdottir, H. H., & Thjodleifsson, B. (2010). Stability of the irritable bowel syndrome and subgroups as measured by three diagnostic criteria – a 10-year follow-up study. *Alimentary Pharmacology & Therapeutics*, no–no. Doi:10.1111/j.1365-2036.2010.04388.x
- Ortiz, P.A., Ulloque,R., Kihara, G.K., Zheng,H., Kinzy,T.G. (2006) Translation elongation factor 2 anticodon mimicry domain mutants affect fidelity and diphtheria toxin resistance. *J Biol Chem* 281(43):32639-48
- Ozogul, F.Y., & Ozogul.(2007). Fatty Acid Profiles of Commercially Important Fish Species from the Mediterranean, Aegen and Black Seas. *Food Chemistry*, Vol. 100, No. 4, 2007, pp. 1634-1638. doi:10.1016/j.foodchem.2005.11.047
- Pal, S., Mushtaq, M., Banat,F. & Sumaiti,A.M.(2018) Review of Surfactant-Assisted Chemical Enhanced Oil Recovery for Carbonate Reservoirs: Challenges and Future Perspectives. *Petroleum Science*, 15, 77-102. <https://doi.org/10.1007/s12182-017-0198-6>

- Pallauf J, Hohler D, Rimbach G. (1992). Effect of microbial phytase supplementation to a maize-soya diet on the apparent absorption of Mg, Fe, Cu, Mn and Zn and parameters of Zn-status in piglets. *J Anim Physiol Anim Nutr* 68:1–9.
- Pallauf, J; C. Kauer; E. Most; S. D. Habicht; J. Moch (2012). Impact of dietary manganese concentration on status criteria to determine manganese requirement in piglets. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, doi:10.1111/j.1439-0396.2011.01213.x
- Pandit, K., Schmitt, J., Kirchner, C. and Steinmetz, R. (2004) Optimal Allocation of Service Curves by Exploiting Properties of the Min-Plus Convolution. Technical Report.
- Patil A., Hatch, G., & Michaud, C., (2013). Ion Exchange. WQA Technical Fact Sheet, Water Quality Association. <https://www.wqa.org/>
- Payne, D. L., Lonsway, K. A., & Fitzgerald, L. F. (1999). Rape myth acceptance: Exploration of its structure and its measurement using the Illinois Rape Myth Acceptance Scale. *Journal of Research in Personality*, 33(1), 27–68. <https://doi.org/10.1006/jrpe.1998.2238>
- Prasad, D.B.(2008). Content analysis: A method of Social Science Research, In D.K. Lal Das (ed) *Research Methods for Social Work*, (pp.174-193), New Delhi: Rawat Publications, 2008.
- Prashanth, L., Kattapagari, K.K., Chitturi, R.T., Baddam,V.R.R., Prasad, L.K.(2016). A review on role of essential trace elements in health and disease. *Journal of Dr. NTR University of Health Sciences* 2015;4(2) 75-85
- Prato, A. Danieli, M. Maffia and F. Biandolino. (2010). Lipid and Fatty Acid Compositions of *Mytilus galloprovincialis* Cultured in the Mar



- Grande of Taranto (*Southern Italy*): Feeding Strategies and Trophic Relationships," *Zoological Studies*, Vol. 49, No. 2, pp. 211-219.
- Rachman,A.(2005).Pengantar Ilmu Perhotelan dan Restoran, Penerbit Graha Ilmu, Edisi Pertama, Yogyakarta.
- Rahman, M.S. and Perera, C.O. (1999). Drying and Food Preservation. In: Rahman, M.S., Ed., *Handbook in Food Processing*, Marcel and Dekker Inc., New York, 173-216.
- Rasmussen, R.S. & Morrissey, M.T. (2007) *Marine Biotechnology for Production of Food Ingredients*. In: Taylor, S.L., Ed., *Advances in Food and Nutrition Research*, 52, Elsevier, New York, 237-292.
- Rathod, N.B., Nirmal,N.,Surasani,V.K.R.,& Abdullah,S.(2023). Extraction of natural bioactive compounds using clean label technologies and their application as muscle food preservatives. *Frontiers in Sustainable Food Systems*. Doi:10.3389/fsufs.2023.1207704
- Ray, B., (2004), *Fundamental Food Microbiology*, CRC press : Boca Raton.
- Ryu,H ., Haeryung, L., Jiyeon, Lee., Hyuna, N., Miram, S.,Vijay, K., Sejeong, H., Jaebong, K., Soochul, P.(2021). The molecular dynamics of subdistal appendages in multi-ciliated cells . *Nature Communications*, (), -. doi:10.1038/s41467-021-20902-4
- Raj, H., & Liston, J. (1961). Detection and enumeration of fecal indicator organisms in frozen sea foods. I. *Escherichia coli*. *Appl.Microbiol.* 9:171-174.
- Reid, M. Lana, M.J. Morrison, X. Zhu, K.K. Jindal, and B.L. Ma. (2015). High stalk sugar corn: a potential biofuel crop for canada. *Agronomy J.* 107(2):475–85

- Ridlo, A., R. Pramesti., E. Supriyantini dan N. Soenardjo.(2017). Aktivitas antioksidan ekstrak daun mangrove (*Rhizophora mucronata*) . Buletin Oseanografi Marina, 6(2):2089-3507
- Rodriguez, D.C.,. (2010) Two Sides of the Same Story: Alcohol Use and HIV Risk Taking in South India. *AIDS and Behavior*, 14, S136-S146. <http://dx.doi.org/10.1007/s10461-010-9722-z>
- Rosa, R.; J. Pereira; M. L. Nunes (2005). Biochemical composition of cephalopods with different life strategies, with special reference to a giant squid, *Architeuthis* sp., 146(4), 739–751. doi:10.1007/s00227-004-1477-5
- Shah, M. and Sahay, B. (2012) An Insight into Agri-Food Supply Chains: A Review. *International Journal of Value Chain Management*, 6, 115-143. <https://doi.org/10.1504/IJVCM.2012.048378>
- Sánchez-Machado, D.I.; J. López-Cervantes; J. López-Hernández; P. Paseiro-Losada (2004). Fatty acids, total lipid, protein and ash contents of processed edible seaweeds. , 85(3), 439–444. doi:10.1016/j.foodchem.2003.08.001
- Sahoo, P.K; & Mukherjee, S.E. (2002). Influence of high dietary  $\alpha$ -tocopherol intakes on specific immune response, nonspecific resistance factors and disease resistance of healthy and aflatoxin B1-induced immunocompromised Indian major carp, (*Labeo rohita*).(Hamilton). , 8(3), 159–167. doi:10.1046/j.1365-2095.2002.00189.x
- Saldamli Y. (1998). *Gyda Kimyasi*. Ankara, Turkey: Hacettepe Üniversitesi Yayinlari.
- Schwartz, P. D., Maynard, A. M., & Uzelac, S. M. (2008). Adolescent egocentrism: A contemporary view. *Adolescence*, 43, 441-448.

- Serezli,R.,Guzel,S.,& Kocabas,M.(2010). Fecundity and Egg Size of Three Salmonid Species (*Oncorhynchus mykiss*, *Salmo labrax*, *Salvelinus fontinalis*) Cultured at the Same Farm Condition in North-Eastern, Turkey. *Journal of Animal and Veterinary Advances* 9(3):576-580 doi:10.3923/javaa.2010.576.580
- Sharma, B., Kumar, A. and Sarin, J. (2016) Academic Stress, Anxiety, Remedial Measures Adopted and Its Satisfaction among Medical Students: A Systematic Review. *International Journal of Health Sciences and Research*, 6, 368-376.
- Shawyer, M. and Pizzali, A.F.M. (2003). The use of ice on small fishing vessels. *FAO Fisheries Technical Paper*, 436.
- Shewan, J.M. (1961). Fish As Food || *The Microbiology of Sea-Water Fish.*, 487–560. Doi:10.1016/b978-0-12-395569-2.50020-0
- Shrimanker, I.; Bhattarai, S. (2019). *Electrolytes*; StatPearls Publishing: Treasure Island, FL, USA,
- Sihite, Richard, & S.Sos.(2000). *Food Product (Dasar-Dasar Tata Boga)*, Penerbit SIC, Surabaya.
- Simopoulos, A. P. (2000). Human Requirement for N-3 Polyunsaturated Fatty Acids. *Poultry Science*, 79(7), 961–970. doi:10.1093/ps/79.7.961
- Sivik,L.,& Hard,A.(2000). A theory of colors in combination—A descriptive model related to the NCS color-order system.*Color research and application*,26(1): 4-28. [https://doi.org/10.1002/1520-6378\(200102\)](https://doi.org/10.1002/1520-6378(200102))
- Sperber,W.H.(1983). Influence of Water Activity on Foodborne Bacteria - A Review. *Journal of Food Protectioll*. Vol. 46. No.2. Pages 142-150
- Spitze, A. R., Wong., D.L.,Rogers,Q.R., Fascetti, A.J.(2003). Taurine concentrations in animal feed ingredients; cooking influences taurine content. , 87(7-8), 251–262. doi:10.1046/j.1439-0396.2003.00434.x

- Solibami, V.J., Kamat, S.Y.(1985). Distribution of Tocopherol (Vitamin E) in Marine algae from Goa, West Coast of India. *Indian Journal of Marine Sciences*. 14 : 228 – 229
- Stansby, M.E. and Olcott, H.S. (1963) *Composition of Fish: In Stansby Industrial Fishery Technology*. Reinhold Publishing Co., New York, 393.
- Steven,L.,& Gaye G. I, Sarah R. Labensky.(1997).*Webster’s New World Dictionary Of Culinary Arts*, Prentice Hall, America.
- Strobel, G.A., dan Daisy, B., (2007). “Bioprospecting for Microbial Endophytes and Their Natural Products”. *Microbiol. and Mol. Biology*, 67, (4) : 491-502.
- Sudarias, E. 2012. *Pengolahan Ikan Tenggiri*. Kementerian Kelautan dan Perikanan. Jakarta.
- Supardi dan Sukamto. 1999. *Mikrobiologi, Pengolahan dan Keamanan Pangan*. Jakarta: Alumni.
- Sumartini, Swastawati,F. & Agustini, T.W.(2014). Analisis asam lemak omega 3,6,9 dan kadar fenol ikan bandeng (*Chanos chanos* forsk) asap dengan kombinasi jarak tungku dan lama pengasapan. *Jurnal Pengolahan dan Bioteknologi Hasil Perikanan*, Vol 3(1): 157-166
- Sumartini, S., Harahap, K. S., & Mujiyanti, A. (2021). Brownies from mangrove fruit flour: the use of var-iation of flours as an alternative to high food nutri-tion. *Indonesian Food and Nutrition Progress*, 17(1), 16–22. doi: 10.22146/ifnp.55188
- Suryanti,S.,A’im, C.,& Rudiyanthi,S.(2020). Optimalisasi Pemanfaatan Daun Mangrove Menjadi Sabun dan Handsanitizer di Desa Mangunharjo, Tugu, Semarang. *Seminar Nasional Pengabdian Kepada Masyarakat UNDIP*, 329-333

- Susanti, N., dan Purwanti, A. (2020). Pembuatan Kitosan dari Limbah Sisik Ikan (Variabel Konsentrasi Larutan NaOH dan Waktu Ekstraksi). *Jurnal Inovasi Proses*, 5(1), 40-45.
- Suzuki, K., Murtuza, B., & Beauchamp, J.R.. (2004) Dynamics and Mediators of Acute Graft Attrition after Myoblast Transplantation to the Heart. *The FASEB Journal*, 18, 1153-1155. <https://doi.org/10.1096/fj.03-1308fje>
- Syamsiar., 1986. Mempelajari Pengaruh Cara Penggaraman terhadap Mutu Ikan Lemuru (*Sardinella longiceps*). Skripsi. Bogor: Fakultas Perikanan, Institut Pertanian Bogor.
- Tangolar, S.,Torun, A.A.,Tangolar,S.,& Torun,M.B.(2018).Evaluation of the mineral element profile of wastes of some wine grape (*Vitis vinifera* L) Varieties. *International Journal Of Agriculture, Environment, and Food Sciences*. 2 (1): 1-6
- Tang QQ, Gronborg M, & Huang H. (2005) Sequential phosphorylation of C/EBP  $\beta$  by MAPK and GSK3  $\beta$  is required for adipogenesis. *Proc Natl Acad Sci USA* 102:9766–9771.
- Tardy,A.L.,Pouteau,E.,Marquez,D.,Yilmaz,C., & Scholey,A.(2020).Vitamins and Minerals for energy, fatigue, and cognition : A narrative review of the Biochemical and clinical evidence.*nutrients*, 12, 228,1-35. doi:10.3390/nu12010228
- Thanonkaew,A., Benjakul, S., Wonnop,V., Eric,A.(2006). The effect of metal ions on lipid oxidation, colour and physicochemical properties of cuttlefish (*Sepia pharaonis*) subjected to multiple freeze–thaw cycles. *Decker* , 95(4), 591–599. doi:10.1016/j.foodchem.2005.01.040
- Toshiyuki, I., Hisatoshi,K; Junzo,T; Dominic,W; Stephen,M.(2003). Physical properties of type I collagen extracted from fish scales of *Pagrus*

*major* and *Oreochromis niloticas.*, 32(3-5), 0–204. doi:10.1016/s0141-8130(03)00054-0

- Tibbetts, Y; Priniski, Stacy J.; Hecht, Cameron A.; Borman, Geoffrey D.; Harackiewicz, Judith M. (2018). Different Institutions and Different Values: Exploring First-Generation Student Fit at 2-Year Colleges. *Frontiers in Psychology*, 9, 502–. doi:10.3389/fpsyg.2018.00502
- Triyatna, S. (2013). *Sardinella Bali (Sardinella lemuru, Bleeker, 1853)*. <http://subhantriyatnas11u.student.ipb.ac.id>. diakses 24 November 2023.
- Tulasi, M.L., & Rao, C.S.(2021). A Review of Humanistic Approach to Student Centred Instruction. *The Review of Contemporary Scientific and Academic Studies*, 1(1). ISSN: 2583-1380
- Tuschl K., Mills P. B. and Clayton P. T. (2013) Manganese and the brain. *Int. Rev. Neurobiol.* 110, 277–312 Undeland et al. (2005)
- Usydus, Z., Joanna, S.R., Maria, A.(2009). Protein quality and amino acid profiles of fish products available in Poland. , 112(1), 139–145. doi:10.1016/j.foodchem.2008.05.050
- Uawonggul,N. S. Kongsri, & S. Chantai. Study on dye- binding interactions of chitosan obtained from fish scale of tilapia (*Tilapia nilotica*),” *International Journal of Pure and Applied Chemistry (IJPAC)*, vol. 6(2), pp. 129-147
- Välimäki, A. (1999). Mathematical modeling of concentrated colloidal suspensions. Licentiate thesis, Åbo Akademi University, Turku, Finland.
- Velankar, N.K., & Govindan, T.K. (1958). A preliminary study of the distribution of non-protein nitrogen in some marine fishes and invertebrates. *Proc. Indian Acad. Sci.* 47, 202–209. <https://doi.org/10.1007/BF03051563>

- Venugopal, V. (2009b) Seaweed hydrocolloids. In: Marine Products for Healthcare. CRC Press, Boca Raton, FL, Ch. 10. Villanueva *et al.*, 2004).
- Villanueva R, Bustamante P. (2006). Composition in essential and non-essential elements of early stages of chepalopods and dietary effects on the elemental profiles of Octopus Vulgaris paralarvae. *Aquaculture* 261:225-240
- Waridi, S.P. (2004). Pengolahan Bakso Ikan. Departemen Pendidikan Nasional. Jakarta
- Weaver, C.G.(2012). What could be caused must actually be caused. *Synthese* 184 (3):299-317. 10.1007/s11229-010-9814-3
- Wells, G. L., & Gavanski, I. (1989). Mental simulation of causality. *Journal of Personality and Social Psychology*, 56(2), 161–169. <https://doi.org/10.1037/0022-3514.56.2.161>
- World Health Organization (1994) Expert Committee on Mental Health. Geneva.
- Widyayanti, I & Masengi, M.(2019)
- Winarno, F. G. (1984). Kimia Pangan dan Gizi. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama.
- Winarno, F.G. (2004.) Kimia Pangan dan Gizi. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- Watts, R., & Zimmerman, J. (1990). Positive Accounting Theory: A Ten Years Perspective. *The Accounting Review*, 65, 131-156.
- Wiradimadja, & Muhammad M.D.(2017). Karakteristik Mutu Surimi Segar dan Kamaboko Ikan Nila Berdasarkan Perbedaan Proses Pencucian Menggunakan NaCl dan NaHCO<sub>3</sub>. *Jurnal Perikanan dan Kelautan* Vol. VIII No. 2, 140-144.

- W. Weeraphan, "Chitosan extraction from fish scale of tilapia (*Tilapia nilotica*) for edible film production," Thesis, Chiang Mai University, Thailand, 2011.
- Wu, X. Y. and D. M. Gatlin III, "Effects of altering dietary protein content in morning and evening feedings on growth and ammonia excretion of red drum (*Sciaenops ocellatus*)," *Aquaculture*, vol. 434, pp. 33–37, 2014.
- Wood, J. J., McLeod, B. D., Sigman, M., Hwang, W. C., & Chu, B. C. (2003). Parenting and childhood depression: Theory, empirical findings, and future directions. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 44, 134–151.
- Xi, M., Kraus, S., Filser, M., & Kellermanns, F.W. (2015). Mapping the Field of Family Business Research: Past Trends and Future Directions. *International Entrepreneurship and Management Journal* 11(1):113-132. DOI:10.1007/s11365-013-0286-z
- Yan, Y., Liu, J., Huang, K., Qiao, L., Sui, J., Cai, W. (2022). Periodic Corrosion Turns Bulk Ni into Zr-Incorporated Polycrystalline Ni(OH)<sub>2</sub> Nanoarrays for Overall Water Decomposition. ACS Publications. Collection. <https://doi.org/10.1021/acsaem.1c04100>
- Yang, X.; Kiran, B.; Wang, X.B.; Wang, L.S.; Mucha, M.; Jungwirth, P.. (2004). Solvation of the azide anion (N<sup>3-</sup>) in water clusters and aqueous interfaces: A combined investigation by photoelectron spectroscopy, density functional calculations, and molecular dynamic, *J. Phys. Chem. A*, 2004, 108, 39, 7820-7826, <https://doi.org/10.1021/jp0496396>
- Yoshikawa, G., Momiyama, T., Oya, S., Takai, K., Tanaka, J., Higashiyama, S., et al. (2010). Induction of striatal neurogenesis and generation of



- region-specific functional mature neurons after is chemia by growth factors. *J. Neurosurg.* 113, 835–850. doi:10.3171/2010.2.JNS09989
- Yerlikaya, P., Topuz, O. K., Yatmaz, H. A., & Gokoglu, N. (2013). Fatty Acid Profiles of Different Shrimp Species: Effects of Depth of Catching. *Journal of Aquatic Food Product Technology* 22(3), 290-297, DOI: 10.1080/10498850.2011.646388
- Yurkowski, M., & Brockerhoff, H. (1965). Lysolecithinase of Cod Muscel. *J. Frsu. RBs. Bp. CANeoe*, 22(3), 643-652
- Zahra, A., Oktavia, I. D., & Restu, I. F., Setyaningrum, & Sujuliyani. (2019). Sabun cair dengan penambahan ekstrak sargassum (*Sargassum polycystum*). *Buletin JSJ*, 1 (2), 2019, 71-79
- Zlatanos S, Laskaridis K. (2007). Seasonal variation in the fatty acid composition of three Mediterranean fish-sardine (*Sardina pilchardus*) anchovy (*Engraulis encrasicolus*) and picarel (*Spicara smaris*). *Food Chem.* 103, 725-728.
- Groups of healthy fruit, vegetables, meat, fish and dairy products containing specific vitamins. Vitamin. <https://www.dreamstime.com/stock-illustration-groups-healthy-fruit-vegetables-meat-fish-dairy-products-containing-specific-vitamins-vitamin-minerals-image65193058> [Diakses 12 Juli 2023].
- Struktur Molekul Vitamin E. [https://id.pngtree.com/freepng/vitamin-e-molecular-structure\\_8007622.html](https://id.pngtree.com/freepng/vitamin-e-molecular-structure_8007622.html) [Diakses tanggal 12 Juli 2023]
- Struktur Molekul Vitamin E Vektor. [https://id.pngtree.com/freepng/vitamin-e-molecular-structure\\_8007622.html](https://id.pngtree.com/freepng/vitamin-e-molecular-structure_8007622.html) [Diakses tanggal 12 Juli 2023]
- Sumber dan Fungsi Vitamin B Kompleks. <https://pyfahealth.com/blog/fungsi-vitamin-b-complex/> [Diakses tanggal 12 Juli 2023]

Pengertian Vitamin C Fungsi, Penemuan, Sifat dan Metabolisme.

<https://mastahuku.netlify.app/biologi/vitamin-c/> [Diakses tanggal 12 Juli 2023]

Are You Getting Enough Vitamin K?. <https://www.aarp.org/health/drugs-supplements/info-2021/vitamin-k.html>. [Diakses tanggal 12 Juli 2023]

4 Vitamin dan Mineral yang Ampuh Turunkan Berat Badan.

<https://www.cnnindonesia.com/gaya-hidup/20210217191911-255-607575/4-vitamin-dan-mineral-yang-ampuh-turunkan-berat-badan>. [Diakses tanggal 12 Juli 2023]

Vitamin B5: Manfaat, Kebutuhan, serta Sumber Terbaiknya.

<https://jovee.id/vitamin-b5-manfaat-kebutuhan-serta-sumber-terbaiknya/>. [Diakses tanggal 12 Juli 2023]

Ariboflavinosis Suplemen makanan Struktur Vitamin, vitamin e, bermacam-

macam, sudut png<https://www.pngegg.com/id/png-ezygd> [Diakses tanggal 12 Juli 2023]

Ikan Kakap Merah. <https://siplahtelkom.com/product/ikan/4061002-ikan-kakap-merah>. [Diakses tanggal 12 Juli 2023]

Ikan Tenggiri Kaya Protein Berkualitas Tinggi. <https://www.greeners.co/flora-fauna/ikan-tenggiri-kaya-protein-berkualitas-tinggi/>. [Diakses tanggal 12 Juli 2023]

Ikan Cakalang Segar. <https://nilaigizi.com/gizi/detailproduk/877/ikan-cakalang-segar>. [Diakses tanggal 12 Juli 2023]

Program Gemar Makan Ikan Membuat Pengusaha Tertantang Membuat Produk

Olahan Ikan Semakin Kreatif. <https://bp-guide.id/AXCzC71Z>. [Diakses tanggal 12 Juli 2023]

360 | Teknologi dan Nutrisi Hasil Laut

Mackerel health benefits. Vector illustration with useful nutritional facts. Essential vitamins and minerals in healthy food. Medical, healthcare and dietary concept.[https://www.123rf.com/photo\\_76591651\\_mackerel-health-benefits-vector-illustration-with-useful-nutritional-facts-essential-vitamins-and-mi.html](https://www.123rf.com/photo_76591651_mackerel-health-benefits-vector-illustration-with-useful-nutritional-facts-essential-vitamins-and-mi.html). [Diakses tanggal 12 Juli 2023]

Vitamin B5. <https://homesteadontherange.com/2014/09/24/vitamin-b5-pantothenic-acid/>[Diakses tanggal 12 Juli 2023]

## PROFIL PENULIS



Sumartini, S.Pi., M.Sc. lahir di Surabaya, 12 September 1991 adalah pengajar dan peneliti di Politeknik Kelautan dan Perikanan Dumai. Penulis menempuh S1 Teknologi Hasil Perikanan di Universitas Diponegoro (UNDIP) dan S2 Ilmu dan Teknologi Pangan di Universitas Gadjah Mada (UGM).

Jurnal dan buku yang telah disusun oleh penulis:

1. Sumartini., Gurusmatika,S., & Amira, W. 2021. The effect of food additive on physicochemical characteristics of seaweed stick snack and consumer acceptance. *Canrea Journal : Food Technology, Nutritions, and Culinary Journal*, 102-113
2. Sumartini, & Ratrinia, P. W.2022. Nutrition of wet noodles with mangrove fruit flour during the shelf life by adding catechins as a source of antioxidants. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 967(1).
3. Sumartini., Harahap,KS.,Mujiyanti, A.2020. Brownies from mangrove fruit flour: the use of variation of flours as an alternative to high food nutrition. *Indonesian Food Nutrition Progress*, 17(1) : 16-22. Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
4. Sumartini, Ratrinia, P. W., Hutabarat, R.F. 2022. The effect of mangrove types and leave maturity on the mangrove leaves (*Sonneratia alba*) and (*Rhizophora mucronata*) tea powder. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 967(1).

## PROFIL PENULIS



Rr. Radipta Lailatussifa, S.Pi., M.Sc. adalah pengajar dan peneliti di Politeknik Kelautan dan Perikanan Sidoarjo. Penulis menempuh S1 Teknologi Hasil Perikanan di Universitas Gadjah Mada (UGM) dan S2 Ilmu Perikanan di Universitas Gadjah Mada (UGM)..

Jurnal dan buku yang telah disusun oleh penulis:

1. Lailatussifa, R., A. Husni, & A.E. Nugroho. 2016. Anti-stress activity of *Sargassum polycystum* extracts using a cold restraint stress model. *Food Science and Biotechnology*, 25 (2): 589-594.
2. Lailatussifa, R., A. Husni, A.E. Nugroho. 2017. Antioxidant activity and proximate analysis of dry powder from brown seaweed *Sargassum hystrix*. *Journal of Fisheries Sciences*, 19 (1): 29-37.
3. Husni, A., R. Lailatussifa, L.S. Nur'aini, & A. Isnansetyo. 2017. Effect of *Sargassum hystrix* on blood biochemistry profile of stress-induced Wistar rats. *The JSFS 85<sup>th</sup> Anniversary-Commemorative International Symposium "Fisheries Science for the Future Generations"*, 10011: 1-2.
4. Husni, A., R. Lailatussifa, & A. Isnansetyo. 2019. *Sargassum hystrix* as a source of functional food to improve blood biochemistry profiles of rats under stress. *Preventive Nutrition and Food Science*, 24 (2): 150.

## PROFIL PENULIS



Ayu Rizki Amalia lahir di Tegal, pada tanggal 01 Mei 1981. Pendidikan Diploma IV ditempuh pada Program Studi Teknologi Pengolahan Hasil Perikanan pada Sekolah Tinggi Perikanan Jakarta, lulus pada tahun 2003. Penulis melanjutkan S2 pada Universitas Bung Hatta jurusan Pengelolaan Sumber Daya Perairan Pesisir dan Kelautan. Saat ini penulis bekerja di Sekolah Usaha Perikanan Menengah Negeri Tegal.

## SINOPSIS

Hasil perikanan dan kelautan merupakan salah satu komoditas penting di Indonesia ditinjau dari luas perairan Indonesia 6.400.000 km<sup>2</sup>, Luas NKRI (daratan dan perairan) seluas 8.300.000 km<sup>2</sup>. Panjang garis pantai 108.000 km. Potensi perikanan di Indonesia sangatlah menjanjikan, namun hingga saat ini praktik penanganan dan pengolahan hasil perikanan masih perlu dikembangkan. Teknologi proses dan nutrisi hasil laut lebih bertujuan untuk mempertahankan kesegaran ikan yang ditangkap atau dipanen, sedangkan pengolahan produk perikanan ditekankan pada peningkatan kualitas, perbaikan mutu sensori dan diversifikasi produk perikanan. Buku “Teknologi Pengolahan Produk Perikanan” ini menyajikan prinsip-prinsip pengolahan produk perikanan yang ditekankan pada pengolahan secara konvensional. Buku ini terdiri dari enam bab yang disajikan secara sistematis. Bab 1 mengulas mengenai jenis-jenis vitamin dan mineral yang sangat dibutuhkan oleh tubuh. Bab 2 kandungan nutrisi dari ikan segar, Bab 3 membahas mengenai produk perikanan fermentasi, Bab 4&5 membahas pengolahan tradisional dan modern pada hasil perikanan, Bab 6 membahas mengenai produk perikanan non konsumsi. Diharapkan, buku ini dapat menjadi salah satu referensi untuk Civitas akademika secara umum dan unit pengolah ikan secara khusus.



Diterbitkan oleh:

AMaFRaD  PRESS

Badan Penyuluhan dan Pengembangan  
Sumber Daya Manusia Kelautan dan Perikanan  
Gedung Mina Bahari III, Lantai 6,  
Jl Medan Merdeka Timur No.16,  
Jakarta Pusat 10110  
Telp (021) 3513300 Fax: (021) 3513287  
Email: amafraadpress@gmail.com  
Nomor IKAPI: 501/DKI/2015

