

**Jilid
1**

Perspektif Global

Ilmu dan Teknologi Pangan

Perhimpunan Ahli Teknologi Pangan Indonesia (PATPI)



**Jilid
1**

Perspektif Global

Ilmu dan Teknologi Pangan

Perhimpunan Ahli Teknologi Pangan Indonesia (PATPI)

Editor

Feri Kusnandar
Winiati P Rahayu
Abdullah Muzi Marpaung
Umar Santoso



Penerbit IPB Press

Jalan Taman Kencana No. 3,
Kota Bogor - Indonesia

C.01/08.2020

Judul Buku:

Perspektif Global Ilmu dan Teknologi Pangan
Perhimpunan Ahli Teknologi Pangan Indonesia (PATPI) (Jilid 1)

Editor:

Feri Kusnandar
Winiati P Rahayu
Abdullah Muzi Marpaung
Umar Santoso

Penyunting Bahasa:

Tania Panandita

Korektor:

Dwi M Nastiti

Desain Sampul & Penata Isi:

Makhhub Khoirul Fahmi

Jumlah Halaman:

528 + 20 hal romawi

Edisi/Cetakan:

Cetakan 1, Agustus 2020

PT Penerbit IPB Press

Anggota IKAPI
Jalan Taman Kencana No. 3, Bogor 16128
Telp. 0251 - 8355 158 E-mail: penerbit.ipbpress@gmail.com
www.ipbpress.com

ISBN: 978-623-256-220-2

Dicetak oleh Percetakan IPB, Bogor - Indonesia
Isi di Luar Tanggung Jawab Percetakan

© 2020, HAK CIPTA DILINDUNGI OLEH UNDANG-UNDANG
Dilarang mengutip atau memperbanyak sebagian atau seluruh isi buku
tanpa izin tertulis dari penerbit

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR EDITOR	v
KATA PENGANTAR KETUA UMUM PATPI	vii
KONTRIBUTOR	ix
DAFTAR ISI.....	xv
Bab 1 Lingkup Ilmu dan Teknologi Pangan	
<i>Feri Kusnandar (IPB), Winiati P Rahayu (IPB), Umar Santoso (UGM)</i>	1
1.1 Pendahuluan.....	1
1.2 Pengertian Ilmu dan Teknologi Pangan.....	4
1.3 Gambaran Industri Pangan.....	4
1.4 Profesi Ahli Ilmu dan Teknologi Pangan	7
1.5 Lingkup Ilmu dan Teknologi Pangan.....	11
1.6 Program Pendidikan Ilmu dan Teknologi Pangan	16
1.7 Ringkasan.....	24
1.8 Pustaka	26
Latihan	27
Tugas Mandiri (<i>Challenge Questions</i>).....	29
Bab 2 Aplikasi Ilmu Dasar Dalam Ilmu dan Teknologi Pangan	
<i>Eko Hari Purnomo, IPB), Nur Hidayat (Unibraw), Harsi D Kusumaningrum (IPB), Feri Kusnandar (IPB)</i>	31
2.1 Pendahuluan.....	31
2.2 Kalkulus	32
2.3 Fisika.....	36

2.4 Kimia	42
2.5 Kimia Organik	45
2.6 Biologi.....	50
2.7 Mikrobiologi	60
2.8 Ringkasan.....	75
2.9 Pustaka.....	77
Latihan.....	78
Tugas Mandiri (<i>Challenge Questions</i>).....	80

Bab 3 Karakteristik Bahan Pangan

<i>Nur Aini (UNSOED), Yudi Pranoto (UGM)</i>	81
3.1 Pendahuluan.....	81
3.2 Komposisi Bahan Pangan	82
3.3 Sereal	84
3.4 Umbi-umbian	91
3.5 Kacang-kacangan.....	96
3.6 Daging	100
3.7 Telur.....	114
3.8 Susu	122
3.9 Ikan dan <i>Seafood</i>	124
3.10 Pengelompokan Ikan	125
3.11 Rumput Laut.....	133
3.12 Sayuran dan Buah-buahan.....	138
3.13 Cokelat, Teh, Kopi	148
3.14 Rempah-Rempah dan Tanaman Penyegar.....	156
3.15 Ringkasan.....	168

3.16 Pustaka.....	169
Latihan.....	175
Tugas Mandiri (<i>Challenge Questions</i>).....	178
Bab 4 Bahan Tambahan Pangan	
<i>Ambar Rukmini (UWM), Nuri Andarwulan (IPB)</i>	179
4.1 Pendahuluan.....	179
4.2 Mengenal Bahan Tambahan Pangan.....	180
4.3 Kajian Keamanan Bahan Tambahan Pangan.....	199
4.4 Ringkasan.....	211
4.5 Pustaka.....	213
Latihan.....	214
Tugas Mandiri (<i>Challenge Questions</i>).....	216
Bab 5 Biokimia Pangan, Gizi dan Kesehatan	
<i>Ardiansyah (Univ. Bakrie), Eni Harmayani (UGM), Lily Arsanti Lestari (UGM)</i>	217
5.1 Pendahuluan.....	217
5.2 Struktur Biokimia.....	219
5.3 Zat Gizi Makro dan Mikro, serta Peranannya Dalam Tubuh.....	221
5.4 Pencernaan, Absorpsi dan Transportasi Pangan Dalam Tubuh.....	228
5.5 Mekanisme Metabolisme karbohidrat, Lipida, dan Asam Amino.....	238
5.6 Pangan dan Kesehatan.....	251
5.7 Ringkasan.....	261
5.8 Pustaka.....	264
Latihan.....	267
Tugas Mandiri (<i>Challenge Questions</i>).....	269

Perhimpunan Ahli Teknologi Pangan Indonesia (PATPI)

Bab 6 Kimia dan Analisis Komponen Kimia

<i>Umar Santoso (UGM) dan Didah Nur Faridah (IPB)</i>	271
6.1 Pendahuluan.....	271
6.2 Air.....	271
6.3 Karbohidrat.....	276
6.4 Asama Amino dan Protein.....	289
6.5 Lemak.....	296
6.6 Vitamin.....	303
6.7 Mineral.....	310
6.8 Komponen Flavor.....	313
6.9 Komponen Bioaktif.....	323
6.10 Komponen Toksik dalam Pangan.....	324
6.11 Perubahan Karakteristik Pangan sebagai Akibat Reaksi Kimia, dan Cara Pengendaliannya.....	338
6.12 Prinsip Analisis Kimia Komponen Pangan.....	343
6.13 Ringkasan.....	352
6.14 Pustaka.....	354
Latihan.....	356
Tugas Mandiri (<i>Challenge Questions</i>).....	359

Bab 7 Mikrobiologi Pangan, Fermentasi dan Analisis Mikrobiologi

<i>Winiati P Rahayu (IPB), Endang S. Rahayu (UGM)</i>	361
7.1 Pendahuluan.....	361
7.2 Jenis Mikroba yang Tumbuh pada Pangan.....	362
7.3 Pertumbuhan Mikroba.....	366
7.4 Kerusakan Mikrobiologi Pangan.....	371
7.5 Keracunan Pangan.....	375
7.6 Pengendalian Mikroba pada Pangan.....	377

7.7 Teknologi Fermentasi	382
7.8 Analisis Mikroba pada Pangan	393
7.9 Ringkasan.....	396
7.10 Pustaka.....	397
Latihan.....	398
Tugas Mandiri (<i>Challenge Questions</i>).....	400
Bab 8 Keamanan Pangan	
<i>Ratih Dewanti-Hariyadi (IPB), Hanifah Nuryani Lioe (IPB)</i>	401
8.1 Pendahuluan.....	401
8.2 Bahaya Keamanan Pangan: Bahaya Biologi.....	405
8.3 Bahaya Keamanan Pangan: Bahaya Kimia	425
8.4 Bahaya Keamanan Pangan: Bahaya Fisik.....	441
8.5 Sistem Manajemen Keamanan pangan	442
8.6 Ringkasan.....	447
8.7 Pustaka.....	447
Latihan.....	457
Tugas Mandiri (<i>Challenge Questions</i>).....	459
Bab 9 Unit Operasi di Industri Pangan	
<i>Azis Boing Sitanggang (IPB), Anton Rahmadi (UNMUL)</i>	461
9.1 Pendahuluan.....	461
9.2 Fenomena Perpindahan Dalam Unit Operasi	465
9.3 Pendalian Parameter Proses Dalam Unit Operasi Industri Pangan	469
9.4 Sifat Fisik Bahan Pangan	471
9.5 Berbagai Unit Operasi di Industri Pangan	474
9.6 Ringkasan.....	505

9.7 Pustaka.....	506
Latihan.....	507
Tugas Mandiri (<i>Challenge Questions</i>).....	510
INDEKS.....	511

Bab Karakteristik Bahan Pangan

3

Nur Aini (UNSOED), Yudi Pranoto (UGM)

3.1 Pendahuluan

Proses pengolahan pangan di industri pangan melibatkan bahan pangan sebagai bahan baku, baik dalam bentuk segar, bahan setengah jadi (*intermediate*) dan bahan tambahan pangan. Bahan pangan segar (contohnya sayuran, buah, umbi, telur, susu, ikan, dsb) umumnya diproses dengan melewati tahapan proses pencucian, penyembelihan, pemotongan, pembersihan, pengupasan, sortasi, ekstraksi, dsb). Proses yang diterapkan sesuai dengan kondisi dan karakteristik dari bahannya. Hasil proses pengolahan bahan pangan dapat menghasilkan bahan setengah jadi untuk diproses lebih lanjut atau sebagai produk akhir yang siap dikonsumsi. Dalam proses pengolahan pangan yang melibatkan proses yang lebih kompleks, baik dari segi bahan baku yang digunakan maupun unit operasi yang diterapkan, maka interaksi fisik dan kimia antara satu bahan dengan bahan lain, atau dengan parameter proses (pengaruh pemanasan, pendinginan, pengadukan, tekanan, dsb) dapat terjadi, yang akan mempengaruhi mutu produk akhir yang dihasilkan.

Setiap bahan pangan memiliki karakteristik yang unik, baik dari komposisi kimia maupun karakteristik fisikokimianya. Dengan demikian, interaksi antar bahan dan perlakuan proses pengolahan yang sama belum tentu memberikan karakteristik mutu produk akhir yang sama. Sebagai contoh, karakteristik biskuit yang dihasilkan dari bahan tepung terigu dan

tepung singkong berbeda, walaupun kondisi proses pengolahannya sama, yang disebabkan oleh perbedaan karakteristik dari kedua tepung tersebut. Oleh karena itu, seorang lulusan teknologi pangan, terutama yang bekerja di bagian pengembangan produk dan produksi, memerlukan pengetahuan bahan pangan yang memadai, yang diperlukan pada saat memilih bahan yang sesuai dengan kondisi proses dan karakteristik produk akhir yang diinginkan.

Bahan baku pangan di alam sangat beragam jenisnya, yang secara umum dapat dikelompokkan menjadi bahan pangan nabati (seperti sereal, kacang-kacangan, umbi-umbian, rumput laut), dan hewani (daging, telur, susu, dan ikan). Bab 3 ini membahas pengelompokan bahan pangan, komposisi kimia bahan pangan, dan karakteristik dasar beberapa bahan pangan penting yang banyak digunakan dalam proses pengolahan pangan di industri pangan.

3.2 Komposisi Bahan Pangan

Pengelompokan bahan pangan dapat berdasarkan komoditas atau bahan bakunya. *United State Department of Agriculture* (USDA) mengelompokkan bahan pangan menjadi 14 kelompok, yaitu daging, unggas, ikan dan *seafood*, telur, susu, olahan susu, lemak dan minyak, buah, sayur, kacang-kacangan, sereal, pemanis, kopi dan kakao.

Komposisi pangan merupakan susunan komponen atau substansi pada suatu bahan pangan. Komposisi pangan umumnya dikelompokkan menjadi kelompok komponen mikro (air, protein, lemak, karbohidrat) dan komponen mikro (vitamin, dan mineral). Masing-masing komponen makro dan mikro dapat dibagi menjadi komponen yang lebih rinci. Misalnya, karbohidrat menjadi monosakarida, disakarida, oligosakarida, dan polisakarida. Demikian juga, sub-kelompok ini dapat dirinci kembali, misalnya monosakarida menjadi glukosa, fruktosa, galaktosa, dan sebagainya. Pembahasan mengenai kimia komponen pangan ini dibahas pada Bab 6.

Untuk mengetahui komposisi masing-masing pangan, maka dibuat tabel komposisi pangan. Tabel komposisi pangan selain memberikan informasi mengenai jenis dan jumlah masing-masing komponen kimia. Komposisi bahan pangan dipublikasikan oleh USDA pada website <https://fdc.nal.usda>.

gov/. Jenis komponen yang tercantum dalam tabel komposisi pangan meliputi protein, lemak, karbohidrat (dalam bentuk pati, gula, dan serat), vitamin dan mineral. Di Indonesia, data komposisi bahan pangan disajikan oleh Departemen Kesehatan dalam Daftar Komposisi Bahan Makanan (DKBM). Dengan data komposisi bahan pangan, maka dapat diperkirakan komposisi kimia dari suatu produk pangan, baik yang dibuat dari bahan tunggal maupun dalam bentuk produk formulasi.

Komposisi pangan mentah terdiri dari bahan yang tersedia secara alami, sedangkan untuk bahan pangan olahan, selain tergantung cara pengolahannya juga terkadang ditambahkan bahan tambahan pangan. Bahan pangan pada kategori yang sama, cenderung memiliki komposisi yang hampir sama, dengan perbedaan pada jumlahnya. Sebagai contoh, kelompok umbi-umbian memiliki komponen terbesar berupa karbohidrat dalam bentuk pati, dengan komposisi lemak dan protein dalam jumlah rendah. Kelompok susu dan olahannya memiliki kadar protein, lemak dan kalsium lebih tinggi. Sebaliknya, kelompok buah dan sayur memiliki kadar protein dan lemak rendah, namun memiliki kadar vitamin A, vitamin C dan serat yang tinggi.

Sereal dan umbi-umbian merupakan sumber karbohidrat utama, sehingga menjadi penyedia energi. Karbohidrat utama yang terdapat pada sereal dan umbi-umbian adalah pati. Pati terdapat dalam bentuk granula kecil, dimana setiap jenis pati memiliki bentuk dan ukuran yang berbeda, yang disusun oleh dua komponen utama amilosa dan amilopektin. Pembahasan mengenai pati dan sifatnya dibahas di Bab 6. Masing-masing sereal dan umbi-umbian memiliki proporsi amilosa-amilopektin tertentu. Proporsi amilosa dan amilopektin menentukan karakteristik bahan pangan berpati apabila diproses. Apabila pati memiliki kadar amilosa tinggi, produk yang dihasilkan, bersifat plastis dan struktur produk padat, sedangkan produk berupa gel akan bersifat tegar, akan tetap lebih mudah mengalami retrogradasi. Apabila pati memiliki kadar amilopektin tinggi, maka produk bersifat elastis dan struktur produk berpori, sedangkan gel yang dihasilkan bersifat lunak dan lebih lambat mengalami retrogradasi. Selain pati sebagai komponen utama, sereal dan umbi-umbian juga mengandung gula dan serat. Gula dapat dalam bentuk glukosa, fruktosa dan maltosa. Selain karbohidrat, sereal juga merupakan

sumber protein dan lemak dalam jumlah kecil. Zat gizi mikro juga terdapat pada sereal dan umbi-umbian, berupa vitamin dan mineral, misalnya vitamin E, beberapa vitamin B, natrium, magnesium dan seng.

3.3 Serealia

Gandum, beras, jagung, sorgum, millet, barley dan oat merupakan jenis serealia yang ada di dunia. Masing-masing sereal mempunyai sifat yang khusus/unik. Keunikan sifat masing-masing sereal tersebut menghasilkan sifat yang berbeda apabila diaplikasikan pada produk yang sama. Sebagai contoh, gandum dan jagung akan menghasilkan sifat yang berbeda, baik dari segi gizi dan sifat sensoris, apabila dibuat menjadi *breakfast cereal* (Kent dan Evers, 1994).

Di antara jenis serealia tersebut, yang banyak dikonsumsi di Indonesia adalah beras sebagai makanan pokok. Beras dan jagung merupakan sereal paling penting yang dapat tumbuh dengan kondisi iklim di Indonesia. Gandum juga mempunyai peran penting di Indonesia karena penduduk Indonesia banyak menggunakan tepung terigu, yang merupakan olahan dari gandum. Namun, iklim di Indonesia kurang sesuai untuk pertumbuhan gandum sehingga kecukupannya dipenuhi dari impor. Jenis dan komposisi gizi beberapa serealia disajikan pada **Tabel 3.1**.

Pada umumnya, biji serealia terdiri atas tiga bagian utama, yaitu perikarp, endosperma dan lembaga. Perikarp, lapisan luar yang tipis, berfungsi mencegah embrio dari organisme pengganggu dan kehilangan air. Bagian tengah merupakan bagian utama yang terdiri dari 75% dari bobot biji berupa endosperma yang merupakan cadangan makanan. Endosperma terdiri 90% pati dan 10% protein, mineral, minyak, dan lainnya. Lembaga (*germ*) merupakan bagian yang banyak mengandung lemak. Khusus untuk jagung ada bagian khusus yaitu *tip cap*, yaitu bagian yang menghubungkan biji dengan janggél.

Serealia merupakan sumber karbohidrat, terutama pada bagian endosperm, namun kadar protein serealia juga cukup tinggi (**Tabel 3.1**). Protein serealia biasanya kurang asam amino lisin dan memiliki triptopan dan

metionin dalam jumlah yang sedikit (Charley dan Weaver, 1998). Serealium umumnya tidak diproses langsung menjadi produk yang dapat dikonsumsi, tetapi diolah dahulu menjadi produk setengah jadi. Proses pertama dalam pengolahan serealium adalah penggilingan, sehingga dihasilkan bentuk tepung, sehingga dikenal tepung terigu, tepung tepung beras, maizena, dsb. Komponen kimia dari serealium juga dapat dipisahkan melalui proses pemisahan atau ekstraksi. Sebagai contoh, proses pemisahan dari bulir jagung menghasilkan gluten, minyak jagung, serat, dan pati jagung (maizena).

Tabel 3.1 Komposisi gizi beberapa jenis serealium tiap 100 g bahan

Komponen	Beras	Jagung	Gandum	Sorghum	Millet	Oat	Barley	Rye
Karbohidrat (g)	79	72	77	73	72,9	67	77,4	63
Protein (g)	7,5	8,9	8,9	11	9,9	16	13,1	10,5
Lemak (g)	0,7	4,5	1,3	3,3	2,9	6,3	1,9	2,5
Energi (kkal)	360	361	365	332	443	384	352	256
Thiamin (mg)	0,34	0,37	0,55	0,38	0,73	0,73	0,49	0,005
Riboflavin (mg)	0,05	0,12	0,12	0,15	0,38	0,14	0,31	0,002
Niasin (mg)	1,7	2,2	4,3	3,9	2,3	0,78	4,6	0,012
Mineral (g)	1,2	1,2	1,7	1,7	2,5	2,9	2,7	2
Kalsium (mg)	32	22	41	28	20	94	40	49
Fosfor (mg)	260	294	387	305	379	385	356	428
Zat besi (mg)	2,8	3,1	4,6	7	11	6,2	4,6	4,4

Sumber: <https://fdc.nal.usda.gov/>

3.3.1 Beras

Beras merupakan pangan sumber karbohidrat yang utama bagi masyarakat Indonesia. Sumbangan energi dari beras pada masyarakat Indonesia sebesar 75% energi harian. Ada beragam varietas beras di Indonesia antara lain IR 36, IR 64, Logawa, Rojolele, IR 42, Ciherang, dan sebagainya. Menurut FAO, sebagai pangan sumber berkarbohidrat, beras memainkan peran penting dalam penyediaan energi dan nutrisi. Selain sebagai sumber karbohidrat, beras juga merupakan sumber protein, vitamin dan juga mineral. Beras berkontribusi terhadap 20 persen energi dari makanan di dunia.

Berdasarkan kadar amilosanya, beras dibedakan menjadi empat, yaitu beras dengan kadar amilosa tinggi (>25%), kadar amilosa sedang (20-25%), kadar amilosa rendah (9-20%), dan kadar amilopektin tinggi (98-99%). Beras

kadar amilosa tinggi memiliki tekstur yang sangat pera bila dimasak, dan setelah dingin nasi yang dihasilkan mudah mengeras karena retrogradasi pati. Beras jenis ini biasanya diolah menjadi produk bihun. Beras kadar amilosa sedang, apabila dimasak menghasilkan nasi yang tidak terlalu pera, dan sering juga diolah menjadi tepung. Beras kadar amilosa rendah apabila dimasak menghasilkan nasi yang pulen. Beras jenis ini diolah menjadi produk pangan seperti sereal sarapan. Beras kadar amilopektin tinggi memiliki tekstur nasi yang sangat lengket, liat dan rasa manis. Di Indonesia, jenis beras dikenal sebagai beras ketan, yang digunakan untuk beberapa produk kue tradisional dengan tekstur padat dan lengket, serta pada produk fermentasi seperti tape dan brem.

Pada umumnya beras yang dikonsumsi masyarakat dalam bentuk beras putih. Namun dengan semakin meningkatnya minat masyarakat terhadap pangan fungsional yang bermanfaat untuk mempertahankan kesehatan, masyarakat mulai mengonsumsi jenis beras lain yaitu beras merah dan beras hitam. Beras merah merupakan jenis beras yang tidak mengalami penyosohan saat pengolahan, dan mengandung antosianin yang memberikan warna merah. Tidak adanya tahap penyosohan mengakibatkan beras merah memiliki komponen gizi yang lebih baik dibandingkan beras biasa yang disosoh hingga bersih. Beras merah memiliki serat kasar, asam lemak esensial, vitamin B kompleks serta mineral yang tinggi yang banyak terdapat pada bagian kulit arinya (Trhitipramote *et al.*, 2016).

Beras hitam mulai populer di masyarakat karena adanya kandungan senyawa fenolik terutama antosianin yaitu cyanidin-3-glucoside (C3G) (Shao *et al.*, 2014). Selain dalam bentuk antosianin, beras hitam juga mengandung antioksidan lain berupa tokoferol, tokotrienol, oryzanol, dan vitamin B kompleks. Beras hitam juga mengandung kadar protein, vitamin dan mineral lebih tinggi bila dibandingkan dengan beras putih (**Tabel 3.2**). Beras hitam mengandung asam amino esensial, seperti lisin, triptofan, vitamin seperti vitamin B1, vitamin B2, asam folat dan sumber mineral seperti zat besi, seng, kalsium, fosfor dan selenium (Kushwaha, 2016). Beberapa jenis beras hitam yang dibudidayakan di Indonesia antara lain Sirampog, Wulung, Laka, Gadong, dan sebagainya.

3.3.2 Gandum

Gandum merupakan salah satu sereal sebagai makanan pokok penduduk di dunia. Berdasarkan sifatnya, gandum dibedakan menjadi tiga jenis, yaitu gandum keras (*hard wheat*), gandum lunak (*soft wheat*), dan gandum durum. Gandum keras (*Triticum aestivum*) mengandung kadar protein tinggi (11-17 %) dan merupakan jenis gandum yang paling banyak ditanam. Gandum ini memiliki kulit luar berwarna cokelat, bijinya keras, dan kapasitas penyerapan airnya tinggi. Gandum lunak (*Triticum compactum*) memiliki kadar protein rendah (7-10%). Gandum ini berwarna lebih putih dibandingkan gandum keras, dengan tekstur biji lunak dan kapasitas penyerapan airnya yang rendah. Gluten dari tepung gandum lunak umumnya agak lemah dibandingkan tepung dari gandum keras. Gandum durum (*Triticum durum*) merupakan jenis gandum dengan ciri khusus bagian endosperma berwarna kuning keemasan, bukan putih seperti gandum yang lain. Warna kuning keemasan tersebut disebabkan oleh pigmen karotenoid. Gandum durum memiliki kadar protein 13-15% dan warna kulit cokelat. Tepung dari gandum durum ini biasanya digunakan untuk pembuatan pasta dan produk bakeri tertentu misalnya *Italian semolina bread*.

Selain pembagian di atas, gandum juga dapat dibedakan berdasarkan warna dan iklim tumbuhnya. Berdasarkan warnanya ada gandum merah dan putih. Gandum putih tidak memiliki tanin dan asam fenol di bagian kulit terluar, warna lebih putih dan rasa lebih manis, sedangkan gandum merah memiliki tanin dan asam fenol dan rasa kurang manis. Berdasarkan musim tumbuhnya, gandum dapat dibedakan menjadi dua, yaitu gandum musim semi (*spring wheat*) dan musim dingin (*winter wheat*). *Spring wheat* memiliki kadar protein lebih tinggi dan gluten lebih kuat dibandingkan *winter wheat* (Abdelghafor *et al.*, 2011). Sekitar 80% gandum yang dibudidayakan adalah jenis *winter wheat*.

Pengolahan gandum biasanya dilakukan secara kering untuk menghasilkan tepung gandum atau di Indonesia disebut tepung terigu. Tepung terigu memiliki kemampuan untuk membentuk gluten yang bersifat elastis. Pada saat tepung terigu dibasahi dengan air dan dibentuk adonan, maka protein pada gandum yaitu gliadin dan glutenin membentuk gluten yang bersifat

elastis. Sifat elastis gluten pada adonan ini berkontribusi pada tesktur elastis dan tidak putus mudah dari mi saat dicetak dan dimasak (Li *et al.*, 2018). Proses pembuatan tepung terigu dibahas di Bab 10.

3.3.3 Jagung

Di Indonesia, produksi jagung sebagai bahan pangan pokok berada di urutan ketiga setelah beras dan ubikayu. Jagung dan beras sama-sama sumber karbohidrat sehingga jagung dapat dijadikan sebagai pangan pokok selain beras. Jagung mengandung protein yang lebih tinggi (8,9%) dibandingkan beras (7,5%). Jagung juga mengandung komponen bioaktif, seperti karotenoid (6,4-11,3 µg/g), yang 22% di antaranya β -karoten dan 51% xantofil.

Jagung dapat dikelompokkan menjadi jagung yang dapat langsung dikonsumsi manusia dan jagung yang digunakan untuk industri pengolahan. Jenis jagung yang langsung dikonsumsi manusia adalah jagung manis, jagung pop (*pop corn*) dan jagung putih. Jagung untuk industri berupa *flint corn*, *yellow dent corn*, *flour corn*, *high starch corn*, *high oil corn* dan *high lizin corn* (Aini, 2013). Hasil pengolahan jagung di industri adalah tepung, pati dan minyak jagung yang merupakan ingredien dalam proses pengolahan pangan lebih lanjut. Proses pengolahan jagung menjadi produk antara ini dibahas di Bab 10.

Berdasarkan warna kernelnya, jagung dibedakan menjadi jagung kuning dan jagung putih. Sebenarnya selain kedua warna tersebut, ada jagung yang berwarna lain, misalnya merah, namun peruntukannya lebih untuk hiasan, bukan sebagai bahan pangan. Jagung putih lebih disukai untuk dikonsumsi dibandingkan jagung kuning di Afrika timur dan selatan (Aini, 2013). Jagung putih jarang dikonsumsi di Indonesia karena budidaya hanya dilakukan di beberapa daerah seperti Temanggung dan Makassar produktivitas rendah (2 ton/ha). Sebagian masyarakat mengolah jagung putih menjadi nasi jagung, juga sebagai baku industri rumah tangga seperti marning dan emping jagung.

Berdasarkan kadar proporsi amilosa-amilopektin, jagung dibedakan menjadi jagung amilosa tinggi dan amilopektin tinggi. Jagung amilopektin tinggi atau disebut jagung *waxy* juga dikenal sebagai jagung pulut.

3.3.4 Sorgum

Sorgum merupakan jenis sereal yang memiliki warna putih, merah dan coklat. Berdasarkan kadar amilosanya, biji sorgum dapat dikelompokkan menjadi sorgum amilosa tinggi (*non-waxy sorghum*) dengan kadar amilosa 10-17% dan sorgum amilopektin tinggi atau yang dikenal sebagai sorgum ketan (*waxy sorghum*) dengan kadar amilosa kurang dari 1%. Sorgum mengandung serat pangan yang merupakan salah satu komponen pangan fungsional, namun sorgum memiliki senyawa antigizi, yaitu tanin (Sun *et al.*, 2014). Tanin merupakan senyawa polifenolik yang dapat menurunkan daya cerna dan mutu protein karena tanin membentuk kompleks dengan protein. Adanya senyawa polifenol juga dapat menghambat aktivitas enzim pencernaan, terutama amilase dan tripsin yang berdampak pada penurunan daya cerna pati (Abdelseed *et al.*, 2011). Meskipun demikian, tanin juga bermanfaat bagi tubuh sebagai antioksidan dalam jumlah tertentu. Sifat antioksidan tanin lebih tinggi daripada vitamin E dan C, dan antosianin pada sorgum juga lebih stabil (Gabaza *et al.*, 2018). Oleh karena itu, diperlukan teknologi pengolahan sorgum yang tepat, sehingga komponen pangan fungsional tersebut dapat dioptimalkan dan produk yang dihasilkan dapat diterima secara sensori.

Sorgum memiliki kadar protein cukup tinggi yaitu 11% (Table 3.1), yang berdasarkan kelarutannya dapat dikelompokkan menjadi empat fraksi, yaitu prolamin (larut alkohol) (27,0-43,1%), glutenin (larut dalam larutan alkali) (26,1-39,6%), albumin (larut air) (2-9%), dan globulin (larut dalam larutan garam) (12,9-16,0%). Asam lemak pada sorgum terdiri dari linoleat (49%), oleat (31%), palmitat (14%), linolenat (2,7%) dan stearat (2,1%) (Taylor dan Emmambux, 2008).

3.3.5 Sereal Lainya

Jewawut atau *millet* (*Setaria italica*) selama ini lebih dikenal sebagai pakan burung, padahal nilai gizinya mendekati tanaman pangan lainnya seperti padi, jagung dan gandum. Di beberapa tempat, jewawut diolah dengan teknologi yang terbatas, sehingga produk yang dihasilkan juga terbatas umur simpannya, misalnya dalam bentuk dodol atau jenang. Di Cina dan

Sinegal, jiwawut diolah menjadi beberapa produk misalnya keripik, tepung, produk ekstruder dan pensubstitusi yogurt. Produk olahan dari jiwawut pada umumnya memiliki warna kekuningan dan flavor yang tajam (Oduor *et al.*, 2010).

Rye merupakan pangan pokok beberapa negara di Eropa utara. Konsumsi *rye* tertinggi ada di Denmark dan Finlandia, yang konsumsi serat pangan dari *rye* mencapai 40%. Penghasil utama *rye* adalah Rusia, Polandia, Jerman, Belarusia dan Ukraina. *Rye* memiliki serat pangan yang cukup tinggi (15–21%). Serat utama pada *rye* adalah arabinoxylan (8–12%), β -glukan (1,3–2,2%) dan selulosa (1–1,7%) (Hansen *et al.*, 2003). *Rye* juga mengandung fruktan (golongan fruktooligosakarida) sejumlah 4,6–6,6%. *Rye* memiliki kadar protein yang lebih tinggi dibandingkan gandum (**Tabel 3.1**), namun produk dari tepung *rye* tidak bisa mengembang karena protein tepung *rye* tidak memiliki kemampuan membentuk gluten, walaupun protein *rye* juga mengandung gliadin dan glutenin dalam jumlah lebih sedikit dibandingkan gandum. Pada *rye*, gliadin tidak bereaksi dengan glutenin sebagaimana pembentukan gluten pada tepung gandum (Hamaker, 2008).

Barley merupakan jenis serealia yang awalnya dikonsumsi dalam jumlah besar di Tibet dan Maroko. Namun dengan adanya pengetahuan mengenai keistimewaan *barley* sebagai sumber serat pangan, terutama β -glukan, mulai terjadi peningkatan konsumsi *barley* di negara lain (Anderson dan Aman, 2008). Selain itu, dinding sel endosperma pada *barley* juga memiliki sifat lebih resisten terhadap retogradasi dibandingkan gandum dan maizena, sehingga daya cernanya lebih rendah yang sesuai untuk dikonsumsi oleh orang yang menginginkan pangan dengan indeks glikemik rendah. *Barley* dapat dikonsumsi dalam bentuk olahan langsung atau setelah proses penggilingan menjadi tepung atau semolina. *Barley* dapat dikonsumsi langsung seperti halnya *popcorn*.

Oat merupakan jenis serealia yang memiliki kelebihan adanya serat larut dalam bentuk β -glukan lebih banyak, sehingga kecernaannya lebih lambat. *Oat* memiliki kadar protein lebih tinggi (16%) dibandingkan sereal lain (**Tabel 3.1**), dan sifat protein *oat* mirip dengan protein kedelai. Selain β -glukan, dinding sel *oat* juga mengandung pentosan yang juga merupakan

serat larut. Dibandingkan jenis sereal yang lain, *oat* memiliki kadar lemak yang lebih tinggi (6,3%). Lemak pada *oat* berada pada bagian endosperma, berbeda dengan sereal lainnya yang terutama terdapat pada lembaga. Sebagian besar asam lemak pada *oat* merupakan asam lemak tidak jenuh, yang terbanyak adalah asam oleat. *Oat* dapat diolah menjadi *oatmeal*, *flakes*, *bread* dan *breakfast cereal*. *Oat* juga dapat diolah langsung menjadi *quick cooking oats*, baik dalam bentuk *cut*, *steamed* maupun *rolled*.

3.4 Umbi-umbian

Umbi-umbian merupakan sumber karbohidrat penting di Indonesia setelah sereal. Kelemahan umbi-umbian adalah kadar proteinnya rendah, tidak setinggi sereal. Kelemahan lain dari umbi-umbian adalah kadar airnya relatif tinggi dengan tingkat keasaman tinggi sehingga umur simpannya lebih pendek dibandingkan sereal. Ada beragam umbi-umbian di Indonesia, yang terbanyak produksinya yaitu ubi kayu, ubi jalar dan kentang. Jenis umbi-umbian lain di Indonesia antara lain talas, garut, kimpul, ganyong, dan sebagainya.

Komponen utama umbi-umbian adalah air (60-90%), pati dan serat, serta sejumlah kecil protein, lemak, gula, vitamin dan mineral (**Tabel 3.2**). Kulit umbi-umbian merupakan pelindung terhadap mikroorganisme dan serangga, namun kulit tersebut mudah mengalami kerusakan selama transportasi, apabila tidak ditangani dengan baik. Kerusakan kulit umbi-umbian mempercepat kebusukan umbi, dan kemungkinan kehilangan air dari umbi, sehingga mengakibatkan tekstur menjadi kering. Oleh karena itu, umbi-umbian harus cepat diproses sebelum mengalami kerusakan.

Tabel 3.2 Komposisi kimia beberapa jenis umbi-umbian

Komposisi	Ubi jalar	Kentang	Ubi kayu	Suweg	Garut	Kimpul	Talas
Karbohidrat (%)	24,3	25,2	27	15,7	24	34,2	28,2
Gula reduksi (%)	8,5	0,9	1	ta	ta	ta	ta
Serat (%)	1,4	1,35	1,7	ta	1,3	1,5	0,7
Protein (%)	1,65	1,95	0,7	1	1	1,2	1,5
Lemak (%)	0,3	1	0,2	0,1	0,2	0,4	0,3
Mineral	1,98	4	2,4	ta	1,4	1	0,8

Tabel 3.2 Komposisi kimia beberapa jenis umbi-umbian (lanjutan)

Komposisi	Ubi jalar	Kentang	Ubi kayu	Suweg	Garut	Kimpul	Talas
Thiamin (mg/100 g)	0,066	0,1	0,05	0,07	0,09	ta	ta
Vitamin C (mg)	36	21	30	5	1,9	2	2
Fosfor	28	5,8	40	41	22	ta	67
Zat besi (mg)	0,5	0,7	0,9	4,2	1,5	1,4	0,7
Kalsium (mg)	30	63	60	62	8	Ta	31

Keterangan: ta: tidak ada data

Sumber: (Titchenal dan Dobbs, 2004; Wankhede *et al.*, 1998)

3.4.1 Ubi Kayu

Ubi kayu atau sering disebut singkong merupakan umbi-umbian dengan jumlah produksi paling tinggi di Indonesia. Kelemahan ubi kayu adalah adanya asam sianida (HCN), dimana reaksi enzimatik yang terjadi di dalam tubuh manusia bisa mengurainya menjadi hidrogen sianida yang berbahaya bagi tubuh.

Setiap jenis ubi kayu memiliki kandungan asam sianida yang berbeda-beda. Menurut kadar sianidanya, ubi kayu dikelompokkan menjadi ubi kayu manis, pahit dan ubi kayu dengan kadar sianida tinggi. Ubi kayu manis memiliki kadar asam sianida <40 mg/kg umbi, sehingga tidak membahayakan kesehatan dan berasa manis. Ubi kayu pahit mengandung kadar asam sianida 50–80 mg/kg umbi, dan sifatnya beracun. Ubi kayu dengan kadar asam sianida >100 mg/kg membahayakan kesehatan bahkan dapat mematikan, sehingga tidak dikonsumsi manusia. Ubi kayu dengan kadar asam sianida >50 mg/kg biasanya tidak dikonsumsi secara langsung, tetapi diolah menjadi pati ubi kayu (tapioka) (Omolola *et al.*, 2017).

Untuk mengetahui adanya asam sianida pada ubi kayu dapat dilihat dari warnanya, semakin biru warna daging ubi kayu semakin tinggi kadar asam sianidanya. Konsentrasi asam sianida terbesar terdapat pada kulit (15 kali lebih besar dibandingkan daging umbi), sehingga proses pengupasan dan pembersihan harus dilakukan secara maksimal. Perebusan merupakan salah satu cara mengurangi kandungan asam sianida karena asam sianida mudah menguap, terutama pada suhu di atas 25°C. Proses penjemuran menggunakan

sinar matahari juga dapat mengurangi asam sianida hingga 80%. Asam sianida juga larut dalam air sehingga proses perendaman, terutama menggunakan air mengalir dapat menurunkan kadar asam sianida (Omolola *et al.*, 2017).

3.4.2 Kentang

Di antara umbi-umbian, kentang merupakan komoditas penting karena dikonsumsi sebagai pangan pokok di beberapa negara. Hal ini disebabkan kentang memiliki karbohidrat 80%, yaitu 70% tersusun dari pati, dan sisanya adalah gula reduksi (2%) dan serat pangan (8%). Kadar protein kentang sebesar 2,1%, tidak setinggi sereal, tetapi protein kentang lebih kaya lisin serta memiliki nilai biologi tinggi (UNIDO, 2004). Sebagai bahan pangan pokok, kentang dapat menyumbang 7% energi dalam sehari dan 12% kebutuhan protein. Kentang merupakan sumber vitamin C yang baik yaitu sebesar 21 mg/100 g. Selain itu, kentang juga mengandung tiamin, riboflavin serta mineral berupa zat besi, kalsium dan fosfor (**Tabel 3.2**). Kadar natrium di dalam kentang rendah yang menguntungkan bagi yang harus mengonsumsi pangan rendah natrium, misalnya orang yang memiliki tekanan darah tinggi.

Di dalam kentang terdapat enzim, terutama polifenol oksidase, peroksidase dan katalase yang mempengaruhi proses pengolahannya. Enzim polifenol oksidase mengakibatkan kentang mudah mengalami reaksi pencokelatan enzimatis, sehingga selama proses pengolahan, harus dilakukan upaya untuk mencegahnya sehingga warna produk yang dihasilkan tetap menarik.

Kentang dapat diolah menjadi beragam produk, mulai untuk pangan pokok maupun makanan ringan. Untuk mempermudah penggunaan kentang di industri maupun skala rumah tangga, salah satu pengolahan kentang adalah menjadi *prepeeled potato* (kentang kupas/olah minimal. *Pre-peeled potato* ini disiapkan dalam bentuk kentang utuh (*whole*) atau yang sudah dipotong (*cut*) dan banyak digunakan di restoran atau katering untuk mempercepat proses penyiapannya. Proses olah minimal untuk mempersiapkan *pre-peeled potato* meliputi pembersihan, pengupasan, perendaman dalam larutan sulfit untuk mencegah pencokelatan enzimatis, pencucian, dan pengemasan (Jadhav dan Kadam, 1998).

3.4.3 Ubi Jalar

Ubi jalar merupakan sumber karbohidrat potensial di Indonesia, dan berdasarkan warnanya, ada beberapa jenis ubi jalar, yang masing-masing memiliki keistimewaan. Ubi jalar kuning memiliki beta karoten 794 µg dan vitamin C lebih tinggi (21 mg) dibanding ubi jalar yang lain. Ubi jalar ungu memiliki antosianin 20-924 mg/100 g, dimana antosianin berperan sebagai antioksidan.

Komposisi gula reduksi ubi jalar paling tinggi di antara umbi-umbian yang lain, sebesar 8,5% (**Tabel 3.2**). Kadar gula reduksi ubi jalar meningkat selama penyimpanan akibat pemecahan pati menjadi gula reduksi (Kotecha dan Kadam, 1998). Dengan adanya kadar gula reduksi yang lebih tinggi ini memberikan kelebihan produk memiliki rasa manis. Namun demikian, kadar gula reduksi yang tinggi juga mengakibatkan produk mengalami pencokelatan. Gizi yang utama pada ubi jalar adalah karbohidrat, yang terdiri dari pati, gula reduksi dan serat.

3.4.4 Umbi-umbian Lain

Selain ketiga jenis umbi-umbian tersebut, masih ada beberapa jenis umbi-umbian. Namun sebagian umbi-umbian tersebut masih belum diproses secara rutin, karena keterbatasan teknologi maupun bahan baku. Contoh umbi-umbian tersebut adalah garut, gadung, kimpul, suweg dan talas. Beberapa jenis umbi (talas, suweg, kimpul) memiliki kendala yaitu adanya kalsium oksalat yang menimbulkan rasa gatal saat dikonsumsi. Untuk menghilangkan atau mengurangi kalsium oksalat, setelah proses pembersihan dan pengupasan dilakukan perendaman dalam larutan garam (NaCl) 5-7,5% selama 30-60 menit. Selesai proses perendaman, umbi dicuci kembali dengan air mengalir. Selain menghilangkan kalsium oksalat, perendaman pada pembuatan tepung umbi juga menghasilkan tepung yang berwarna lebih putih (Nuriana *et al.*, 2019).

Garut (*Maranta arundinaceae* Linn.) merupakan jenis umbi yang memiliki kelebihan bila dibandingkan dengan pati dari umbi lain yaitu lebih mudah dicerna dengan daya cerna 90%. Pengolahan garut biasanya dilakukan

dalam bentuk pati karena kadar seratnya terlalu tinggi apabila diproses menjadi tepung. Pati garut mempunyai ciri khas yaitu jika diolah menghasilkan produk dengan tekstur halus dan mudah larut di dalam mulut. Pati garut memiliki kadar amilosa cukup tinggi (31,3%) sehingga menghasilkan produk yang renyah. Tepung dan pati garut dapat diolah menjadi produk pangan seperti produk bakeri, kue, mie, makanan ringan dan makanan tradisional. Penggunaan tepung garut sebagai pengganti tepung terigu misalnya pada roti dan mie dapat menggantikan sampai 20%, sedangkan pada kue kering bisa menggantikan hingga 100%. Pati garut juga digunakan di industri pangan misalnya sebagai bahan pengental, penstabil, dan pengemulsi (Moorthy, 2004).

Talas merupakan jenis umbi yang sebenarnya memiliki nilai ekonomi cukup tinggi, karena hampir sebagian besar bagian tanaman dapat dikonsumsi manusia. Talas mengandung pati yang mudah dicerna sebesar 18,2%, sukrosa dan gula reduksi 1,42%, serta karbohidrat 23,7%. Talas juga memiliki keunggulan dengan adanya senyawa kimia yang dihasilkan dari metabolisme sekunder seperti alkaloid, glikosida, saponin, minyak esensial, resin, gula dan asam organik. Dibandingkan dengan ubi jalar dan ubi kayu, talas mempunyai keunggulan dalam kandungan protein, vitamin B1, fosfor dan zat besi yang lebih tinggi, serta kadar lemak yang rendah. Pengolahan talas saat ini kebanyakan memanfaatkan umbi segar yang dijadikan berbagai hasil olahan, di antaranya yang paling populer adalah keripik talas.

Suweg (*Amorphophallus campanulatus*) merupakan jenis umbi yang kurang populer di Indonesia. Ada dua jenis suweg yaitu *sylvestris* dan *hortensis*. Jenis *sylvestris* memiliki batang yang kasar dan berwarna agak gelap, serta umbinya memberikan rasa sangat gatal karena adanya kalsium oksalat dalam jumlah tinggi, sehingga belum banyak dimanfaatkan oleh masyarakat dan masih merupakan tanaman liar. Suweg *hortensis* berciri batangnya halus dan berwarna hijau dengan bintik putih, umbinya tidak menimbulkan rasa gatal yang berlebihan karena kadar kalsium oksalatnya rendah. Dengan melihat sifatnya yang lebih baik, suweg *hortensis* lebih banyak dikonsumsi oleh masyarakat dan dibudidayakan. Suweg dapat diolah menjadi tepung dan pati. Tepung suweg memiliki daya cerna pati rendah, yaitu 61,75% karena adanya

serat dalam jumlah tinggi (13,7%). Suweg juga memiliki nilai indeks glikemik rendah, yaitu 36. Tepung suweg dapat digunakan untuk menyubstitusi tepung terigu, namun penggunaannya pada produk pangan belum banyak. Di Filipina, tepung suweg digunakan sebagai bahan baku produk bakeri untuk menggantikan tepung terigu, sedangkan di Jepang, salah satu penggunaannya adalah pada pembuatan mie instan.

Kimpul (*Xanthosoma sagittifolium*) juga disebut sebagai talas Belitung merupakan jenis umbi-umbian yang di Indonesia pengolahannya masih sederhana, yaitu direbus, digoreng dan diolah menjadi keripik. Padahal kimpul potensial untuk diolah menjadi pati kimpul dan produk turunannya (Wankhede *et al.*, 1998).

Gadung (*Dioscorea hispida* Dennst) merupakan jenis umbi-umbian yang cukup populer namun kurang mendapat perhatian masyarakat. Sampai sekarang teknologi pengolahan gadung belum berkembang, sehingga pengolahan yang dilakukan selama ini hanya dalam bentuk keripik dengan proses dan kemasan yang masih sederhana. Kendala pada pengolahan gadung adalah adanya zat alkaloid yang disebut dioscorin ($\text{CH}_{13}\text{H}_{19}\text{O}_2\text{N}$). Apabila pengolahan kurang tepat, dioscorin dapat mengakibatkan pusing dan muntah. Dengan potensi gadung yang sebenarnya cukup tinggi, masih perlu dilakukan penelitian pengolahan gadung agar menghasilkan produk lain dengan nilai ekonomi tinggi dan aman dikonsumsi.

3.5 Kacang-kacangan

Di Indonesia, kacang-kacangan meliputi jenis polong-polongan (*legume*) dan kacang (*nut*), padahal keduanya merupakan kelompok yang berbeda. *Legume* merupakan jenis biji-bijian yang dapat dimakan, di antaranya kacang hijau, kacang merah dan kacang koro. Kacang-kacangan merupakan sumber protein dan biasanya diolah untuk memperbaiki mutu protein sereal, karena kacang-kacangan kaya akan lisin, sedangkan sereal kekurangan lisin. Selain protein, kacang-kacangan juga merupakan sumber karbohidrat terutama serat, mikronutrien berupa vitamin dan mineral. Kacang-kacangan memberikan peran sebagai sumber protein sebesar 20% dari kebutuhan di dunia. **Tabel 3.3** menyajikan komposisi kimia beberapa jenis kacang-kacangan.

Kacang-kacangan merupakan sumber asam amino esensial, yaitu isoleusin, leusin, fenilalanin, treonin dan valin. Sebagian besar kacang-kacangan kaya asam amino lisin, yang defisien pada sereal, sehingga suplementasi antara kacang-kacangan dan sereal merupakan kombinasi yang tepat. Pada umumnya kacang-kacangan (kecuali kedelai dan kacang tanah) memiliki kadar lemak rendah (kurang dari 2%) serta kaya karbohidrat dan serat pangan.

Tabel 3.3 Komposisi zat gizi per beberapa jenis kacang-kacangan kelompok polong-polongan (*legume*) (dalam berat kering)

Zat gizi	Kedelai	Kacang merah	Kacang hijau	Kacang tunggak	Kacang gude	Kecipir	Kacang tanah
Protein (g)	36,5	23,6	22,2	24,65	26,17	15	25
Karbohidrat (g)	30,2	60	62,9	66,5	28,13	21,1	49,3
Lemak (g)	19,9	0,8	1,2	1,41	0,88	10,62	42,8
Vitamin A (SI)	24	8	157	1861	28	465	0
Thiamin (mg)	0,87	0,53	0,64	0,07	0,64	0,16	0,25
Riboflavin (mg)	0,87	0,22	0,13	0,09	0,19	0,1	0,11
Niasin (mg)	1,6	2,1	0,75	0,9	2,97	0,85	14,3
Vitamin C	6,0	4,5	13,2	22	130	29	0
Kalsium (mg)	277	143	125	72	60	145	92
Fosfor (mg)	704	407	320	59	450	26,6	335
Besi (mg)	15,7	8,2	6,7	2,5	2	6,1	4,6

Sumber <https://fdc.nal.usda.gov/>

Kacang-kacangan mengandung kalsium yang tertinggi, dan yang tertinggi adalah kedelai (**Tabel 3.3**). Kemampuan tubuh dalam menyerap kalsium dari kacang-kacangan pada umumnya rendah (setengah dari penyerapan kalsium dari susu), dan kedelai memiliki penyerapan kalsium tertinggi (Charley dan Weaver, 1998). Kacang-kacangan juga kaya fosfor, yaitu semakin tua umurnya kadar fosfor semakin tinggi. Pada kacang yang masih muda, fosfor berada dalam bentuk asam fitat atau *inositol hexaphosphoric acid*. Kacang-kacangan juga kaya vitamin B berupa B1, B6, folacin, asam pantotenat dan biotin, sedangkan vitamin A dan C hampir tidak ada. Beberapa jenis kacang-kacangan yaitu *chickpea*, kedelai, *navy beans* dan *kidney bean* mengandung sejumlah senyawa saponin yang mengakibatkan adanya pembuihan pada saat pemasakan.

Pada beberapa jenis kacang-kacangan, misalnya kedelai dan kacang koro pedang juga terdapat senyawa anti gizi berupa anti tripsin, asam fitat, hemaglutinin dan oligosakarida penyebab flatulensi. Aktivitas anti tripsin dapat dihilangkan dengan cara perendaman dan dilanjutkan pemanasan. Hemaglutinin dapat menggumpalkan sel darah merah, dan untuk menghilangkannya, dapat dilakukan dengan pemanasan, dapat menggunakan autoklaf, perebusan atau pengukusan. Asam fitat dapat mengikat mineral terutama seng, kalsium, magnesium dan besi, sehingga mengurangi ketersediaan mineral tersebut secara biologis. Selain itu, asam fitat juga bereaksi dengan protein membentuk senyawa kompleks sehingga menghambat kecepatan hidrolisis protein oleh enzim proteolitik dalam sistem pencernaan. Selain senyawa anti gizi, pada beberapa kacang-kacangan juga mengandung senyawa penyebab *off-flavor*, misalnya glukosida, saponin dan estrogen.

Di antara jenis kacang-kacangan, kedelai merupakan sumber protein yang paling murah. Kedelai memiliki kadar protein 35%, yang 85-95% merupakan protein globulin. Susunan asam amino pada kedelai lebih lengkap dan seimbang dengan kadar lisin cukup tinggi. Kedelai juga mengandung lemak (18-20%), dan 25% di antaranya terdiri dari asam lemak tidak jenuh. Di dalam lemak kedelai juga terkandung beberapa fosfolipida penting, yaitu lesitin, sepalin dan lipositol. Kadar lemak kedelai yang tinggi dan sebagian besar tersusun atas asam lemak tidak jenuh sehingga dapat diproses menjadi minyak kedelai dengan mutu yang baik.

Kedelai memiliki kadar karbohidrat 35%, dan hanya 12-14% yang dapat digunakan tubuh secara biologis. Karbohidrat pada kedelai terdiri atas polisakarida dan oligosakarida. Polisakarida pada kedelai terdiri dari arabinogalaktan dan selulosa, sedangkan oligosakarida pada kedelai terdiri dari sukrosa, stakiosa, dan rafinosa. Kulit kedelai mengandung 87% serat pangan (*dietary fiber*) yang terdiri 40-53 % selulosa, 14-33% hemiselulosa dan 1-3 % serat kasar.

Kedelai merupakan sumber vitamin B yang baik, terdiri dari B₁, B₂, niasin dan piridoksin. Vitamin lain yang terkandung dalam jumlah cukup ialah vitamin E dan K. Mineral yang banyak terdapat pada kedelai adalah

kalsium dan fosfor, sedangkan besi relatif sedikit. Mineral lain ada dalam jumlah sangat kecil (kurang dari 0,003%) yaitu boron, magnesium, berilium dan seng.

Kacang hijau termasuk kelompok leguminosa yang merupakan sumber protein yang baik dan murah, dengan kadar protein sebesar 22%. Kadar lemak kacang hijau cukup rendah (1%), yang tersusun atas 73% asam lemak tak jenuh. Kacang hijau merupakan sumber mineral penting, yaitu fosfor sebesar 445 mg, kalsium 146 mg dan zat besi 4,7 mg (Kadam dan Chavan, 1998).

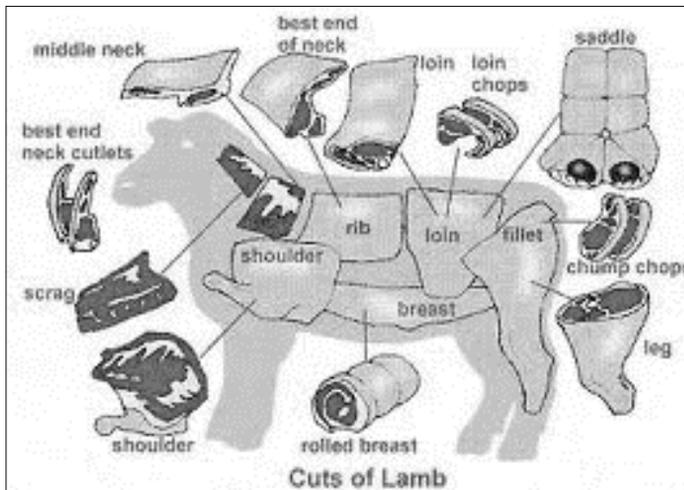
Kacang-kacangan dalam kelompok leguminosa lain yang cukup dikenal di Indonesia adalah kacang merah (*Phaseolus vulgaris* L), yang memiliki kadar karbohidrat tinggi (79%). Karbohidrat pada kacang merah sebagian besar terdiri dari pati, selain itu juga terdapat gula, dekstrin, pentosa, galaktosa, selulosa, dan pektin. Kadar lemak kacang merah hanya 1,1%, yang terdiri dari asam lemak jenuh 19% (sebagian besar palmitat) dan asam lemak tidak jenuh 63,3% (asam oleat, asam linoleat, dan asam linolenat). Kacang merah juga merupakan sumber mineral yang baik, meliputi zat besi, kalsium, natrium, fosfor dan magnesium (**Tabel 3.3**).

Kacang tanah terdiri dari bagian kulit dengan proporsi 21–29%, kernel atau daging biji sebesar 69–72,4%, dan lembaga sejumlah 3,1–3,6%. Kacang tanah mengandung lemak dan protein dalam jumlah tinggi, demikian juga serat dan mineral. Kadar lemak kacang tanah tinggi (42,8%) berkontribusi terhadap rasa gurih kacang tanah, dan lemak tersebut sebagian besar terdiri dari asam lemak tak jenuh.

Almond merupakan jenis *tree nuts* yang terdiri dari 2 jenis yakni almond pahit dan manis. Pada almond pahit terdapat amygdalin yang beracun karena dapat dipecah menjadi hidrogen sianida. *Almond* memiliki kadar lemak tinggi (49,9%), yang membuat rasanya menjadi gurih dan teksturnya empuk. Lemak pada *almond* terdiri dari 90% asam lemak tidak jenuh, terutama asam oleat dan linoleat. *Almond* kaya serat pangan yaitu sebesar 12,2 g, vitamin B (4,7 mg), dan vitamin E 25,63 mg, *almond* juga mengandung beberapa jenis mineral dengan jumlah cukup tinggi, meliputi kalsium, fosfor dan zat besi (**Tabel 3.3**).

3.6 Daging

Dalam subbab ini, hewan yang dimaksud adalah ternak yang terdiri dari sapi, domba, biri-biri, kambing, unggas, dan babi. Setelah hewan disembelih, bagian hewan yang dikonsumsi merupakan karkas. Berkaitan dengan sumbernya tersebut, dikenal istilah daging merah dan daging putih. Daging merah berasal dari daging sapi, kambing dan babi, sedangkan daging putih berasal dari unggas (ayam, itik, kalkun). Gambar 3.1 mengilustrasikan bagian-bagian dari karkas.

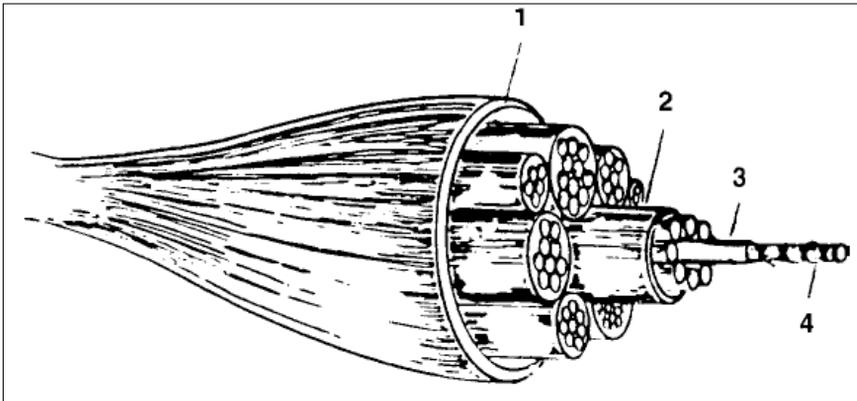


Gambar 3.1 Bagian-bagian dari karkas

(Sumber: <http://tokopastri.com/blog/pengetahuan-tentang-karkas-daging>)

3.6.1 Struktur Daging

Daging terdiri dari sel paralel, tipis, dan panjang yang tersusun menjadi *fiber bundles* (**Gambar 3.2**). Setiap serat daging (*muscle fiber*) ada dalam bentuk satuan yang terpisah yang diselubungi oleh jaringan ikat yang disebut endomysium (*endomysium*). Sejumlah serat daging ini bergabung bersama dalam suatu ikatan serat (*fiber bundle*) yang diselaputi oleh jaringan ikat tipis yang disebut perimysium (*perimysium*). Sejumlah *fiber bundle* bergabung dan dibungkus oleh jaringan ikat yang tebal dan besar yang disebut epimysium (*epimysium*).



Gambar 3.2 Struktur otot atau daging. 1. Epimysium, 2. Perimysium, 3. Endomysium, 4. Muscle fiber (Belitz *et al.*, 2009)

Membran yang mengelilingi masing-masing *muscle fiber* disebut sarkolema (*sarcolemma*) yang mempunyai ketebalan 75 nm. Sarkolemma terdiri dari tiga lapis, yaitu endomysium, lapisan tengah yang *amorf*, dan membran plasma bagian dalam. *Muscle fiber* merupakan sel berinti banyak. Inti sel diselubungi oleh cairan yang disebut sarkoplasma (*sarcoplasm*) dan komponen sel lainnya seperti mitokondria, retikulum endoplasma, dan lisosom. Pada kondisi aerobik, energi sel dihasilkan dalam bentuk ATP di dalam mitokondria. Lisosom menghasilkan endopeptidase yang berperan pada proses pengempukan daging.

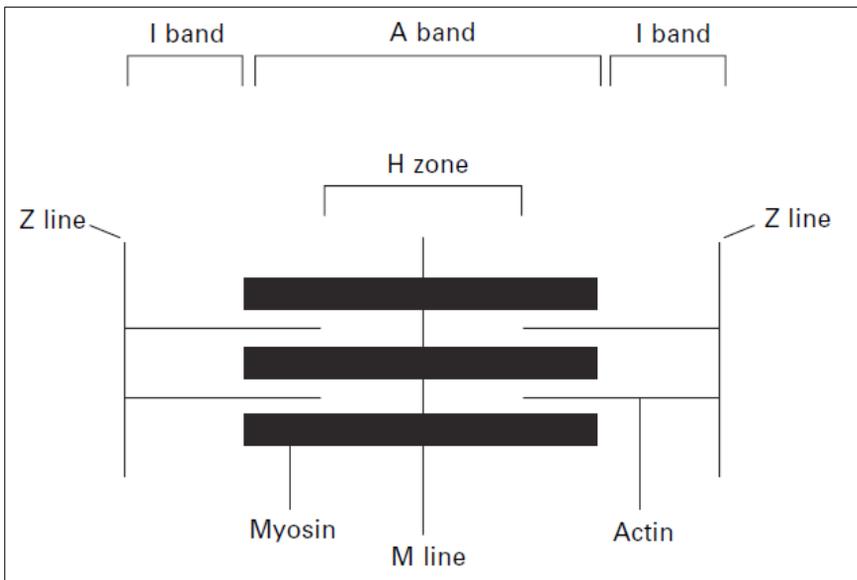
Muscle fiber atau sel daging (*muscle cell*) mempunyai diameter 0,01-0,1 mm dan panjang 150 mm atau lebih. Komponen utama sel daging adalah miofibril (*myofibril*) yang masing-masing mempunyai diameter 1-2 μm . Sampai 1000 miofibril tersusun secara paralel dalam sel daging. Pada daging unggas yang mempunyai rasio miofibril terhadap sarkoplasma yang tinggi, kontraksi terjadi secara cepat tetapi cepat mengalami relaksasi. Sebaliknya pada daging merah yang lebih sedikit miofibril, kontraksi terjadi secara lambat tetapi lebih lama.

Unit kontraktile dari serat daging disebut dengan sarkomer (**Gambar 3.3**). Sarkomer mempunyai panjang 2 μm dan terletak di antara dua garis Z (*Z line*). Aktin berikatan dengan garis Z dan sebagian berikatan dengan ujung

mosin. Miosin terhubung dengan garis M (M line). Pita I merupakan zona dimana tidak terdapat tumpang tindih dengan miosin, sedangkan zona H merupakan ruang dimana tidak ada tumpang tindih aktin dan miosin. Pita A mewakili miosin. Satu unit sarkomer membentang antar garis Z yang terdiri dari filamen tipis dan tebal.

3.6.2 Komposisi Gizi Daging

Selain kulit, karkas terdiri dari otot (daging), lemak, dan tulang (**Tabel 3.4**). Umumnya produk olahan daging (daging ruminansia dan daging unggas) berasal dari karkas yang terdiri dari jaringan otot (daging). Secara garis besar, jaringan otot ini dibagi menjadi otot polos, otot lurik, dan jaringan ikat. Daging merupakan komponen yang dapat dimakan setelah *post mortem* dari hewan. Selain daging, bagian yang biasa dikonsumsi adalah hati dan jantung.



Gambar 3.3 Struktur sarkomer (Feiner, 2006)

Tabel 3.4 Komposisi karkas berbagai jenis hewan ternak

Komponen	Sapi	Sapi Muda	Babi	Rusa	Domba	Kalkun	Ayam Brolier
Berat hidup (kg)	550	160	110	70	50	16	-
Rerata proporsi berat hidup (%)							
Non karkas (%)	38	46	27	42	48	18	23
Kulit karkas (%)	*	*		*		9	9
Lemak karkas(%)	17	7	23	10	17	6	7
Tulang karkas(%)	10	15	9	8	10	17	22
Otot karkas (%)	35	32	36	40	25	50	39
Total	100	100	100	100	100	100	100
Karkas bersih(%)	62	54	73	58	82	77	63
Rasio otot/tulang	3,5	2,1	4,0	5,0	2,5	2,9	1,8

*termasuk ke dalam non karkas

Sumber: Kauffman (2012)

Daging merupakan jaringan hewan dan semua produk hasil pengolahan jaringan tersebut yang dapat dikonsumsi dan tidak menimbulkan gangguan kesehatan bagi yang memakannya (Lawrie dan Ledward, 2006). Dengan demikian, organ misalnya hati, ginjal, otak, paru-paru, jantung, limpa, pankreas, dan jaringan otot termasuk dalam definisi daging. Selain daging, ada istilah *meat product* yaitu hasil pemotongan hewan termasuk hasil ikutannya (tulang, kulit, bulu, kuku, dan sebagainya).

Daging biasanya dikaitkan dengan pangan bergizi, yang merupakan sumber protein tinggi (15-20%) dan bermutu tinggi. Kadar lemak daging bervariasi (5-30%), tergantung jenis hewan, bagian, pakan dan umurnya. Daging merah memiliki kadar lemak lebih tinggi daripada daging putih, dapat sampai 40%, yaitu komposisi lemak terdiri dari asam lemak jenuh, tidak jenuh dan kolesterol. Daging unggas lebih banyak mengandung protein, serta lebih rendah lemak dan kolesterol dibandingkan daging merah. Daging juga merupakan sumber vitamin B, zat besi, magnesium dan mineral lain.

Satu bagian daging terdiri bagian non lemak, air, protein, bagian berlemak dan tulang. Bagian non lemak tersusun atas otot, dimana masing-masing terdiri dari serat otot. Serat otot merupakan jaringan yang panjang, tipis, bentuk silindris dan diselubungi oleh membran transparan, yaitu sarcolemma. Serat otot memiliki diameter 10-100 μm dan panjang beberapa milimeter sampai

beberapa centimeter. Serat otot ini tersusun atas unit yang disebut miofibril, yang terdiri dari protein yang memiliki filamen tebal, disebut miosin dan protein yang memiliki filamen tipis, disebut aktin. Pada saat terjadi kontraksi otot, filamen tersebut saling berikatan membentuk protein baru yang disebut aktinomiosin (Lawrie dan Ledward, 2006).

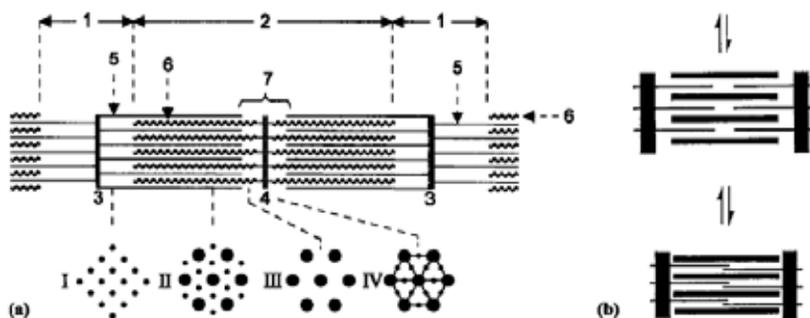
3.6.3 Fase Pasca Penyembelihan

Setelah hewan disembelih, otot hewan berubah menjadi daging setelah pemotongan karena fungsi fisiologisnya telah berhenti. Relaksasi dan kontraksi pada hewan mati tergantung pada pH, kekuatan ion NaCl dan komponen adenosin triphosphat (ATP). Setelah proses penyembelihan, daging mengalami tiga fase yaitu fase *pre-rigor*, *rigormortis* dan *post-rigor*. **Gambar 3.4** menunjukkan suatu sarkomer pada kondisi relaksasi dan kontraksi.

Fase Pre-rigor

Pada fase pre-rigor, daging memiliki ciri-ciri fisik yaitu daging lunak dan kenyal. Pada fase pre-rigor, daging mengalami perubahan sebagai berikut: (a) Perubahan metabolisme, yaitu pengubahan glikogen menjadi glukosa, selanjutnya menjadi asam laktat sehingga miofibril larut dan ikatan antar serat lebih lunak. Peningkatan asam laktat terjadi sampai habisnya glikogen pada otot; (b) Penurunan pH karena terbentuknya asam laktat. Penurunan pH ini akan meningkatkan kecepatan pembentukan spesies oksigen yang reaktif seperti superoksida dan hydrogen peroksida, dan sebagai akibatnya stabilitas lipida dan membran turun. Selanjutnya akan terjadi perubahan warna menjadi cokelat menunjukkan habisnya nicotinamide adenine dinucleotide hydrogen (NADH). Perubahan pH ini juga akan mempengaruhi tekstur yaitu daging menjadi lebih lunak; (c) Peningkatan ATP yang digunakan untuk menguraikan aktin dan miosin dalam jumlah besar sehingga daging cenderung longgar dan mudah menyerap air; dan (d) Kenaikan kapasitas menahan air yang disebabkan longgarnya ikatan antara aktin dan miosin.

Adanya perubahan pada fase pre-rigor mengakibatkan daging segar cocok untuk diolah menjadi produk dengan penambahan daging maksimal, misalnya sosis dan bakso.



Gambar 3.4 Contoh suatu sarkomer pada kondisi relaksasi (a) dan berkontraksi (b). 1. Pita I, 2. Pita A, 3. Garis Z, 4. Garis M, 5. Filamen tipis, 6. Filamen tebal, 7. Zona H. I. Filamen tipis dekat garis Z, II. Tumpang tindih filamen tipis dan tebal, III. Filamen tebal, IV. Garis M (Belitz *et al.*, 2009)

Fase Rigor Mortis

Rigor mortis adalah fase pada keadaan kontraksi penuh karena sirkulasi darah kekurangan oksigen dan otot berada pada kondisi anaerobik. Hal ini mengakibatkan daging menjadi sangat liat kalau dimasak. Pada fase *rigor-mortis* dilakukan pelayuan daging sehingga fase ini berlangsung sempurna. Pelayuan dilakukan dengan cara mengistirahatkan daging pada suhu 3,6-4,4°C selama kurang lebih 2 jam sehingga daging masuk *post-rigor* (Lawrie dan Ledward, 2006). Fase *rigor-mortis* penting dalam mempengaruhi tingkat keempukan daging.

Pada fase *rigor mortis*, daging mengalami perubahan sebagai berikut: (a) Terjadi hidrolisis glikogen atau *glikogenolisis* yang menggunakan cadangan karbohidrat di otot, membentuk ATP dan asam laktat; (b) Terjadi tarik menarik kuat antar ikatan peptide, sehingga serat mengerut dan berakibat pada mengerutnya daging dan teksturnya menjadi keras; dan (c) Daging memiliki kapasitas menahan air paling kecil di antara tahap lain.

Pada sebagian besar hewan, *rigor mortis* terjadi pada pH awal rata-rata 7, selama 24 jam pada suhu 15°C sehingga pH mencapai 5,8. Pada hewan tertentu, adanya stress atau perlakuan kasar pada hewan sebelum disembelih akan mempercepat proses *rigor-mortis*.

Fase Post-rigor

Setelah proses rigor-mortis, daging mengalami fase post-rigor. Pada fase post-rigor terjadi perubahan pada daging sebagai berikut: (a) Melemahnya ikatan antara aktin dan miosin dalam filamen dan bergabungnya Z line dalam sarkomer mengakibatkan kelunakan daging; (b) Antibakteri alami yang terdapat pada hewan hidup akan mati sehingga pertumbuhan bakteri meningkat. Kecepatan pertumbuhan bakteri tergantung suhu, kelembabab relatif dan adanya gas di sekitarnya; (c) pH turun, enzim katepsin lepas dari lysozime dan mendegradasi jaringan; (d) Selama penyimpanan, enzim pada daging mentah terus berperan pada komponen daging membentuk penyusun flavor potensial; (e) Perubahan yang tidak diinginkan yaitu kesegaran daging berkurang; dan (f) Dengan adanya oksigen, warna daging berubah dari merah segar karena adanya senyawa haemoprotein menjadi cokelat karena terbentuk senyawa metmioglobin.

Dengan adanya perubahan tersebut, pada fase post-rigor, tekstur daging menjadi lunak dan kenyal serta terbentuk flavor yang enak (Lawrie dan Ledward, 2006). Warna daging berubah selama perubahan fase, yang ditentukan konsentrasi pigmen mioglobin, yang berada dalam jumlah $\frac{3}{4}$ dari pigmen pada daging. Pada hewan yang masih hidup, mioglobin pada otot diambil dari hemoglobin pada darah untuk dibawa ke jaringan yang membutuhkan. Begitu hewan selesai bernafas, maka suplai oksigen berhenti dan jaringan kekurangan oksigen. Mioglobin tanpa oksigen yang mengikat Fe dalam bentuk ferro memberikan warna merah-keunguan pada daging yang baru dipotong. Begitu daging mengalami kontak dengan udara maka daging akan mengikat oksigen membentuk oksimioglobin, yang berwarna merah cerah. Perbedaan warna pada daging tergantung ada tidaknya oksigen yang terikat pada bagian tersebut, sehingga daging pada bagian luar memiliki warna merah cerah, sedangkan pada bagian luar berwarna merah-keunguan.

3.6.4 Protein Daging

Daging mengandung protein tinggi, yang dapat dikelompokkan menjadi tiga jenis, protein miofibril, protein sarkoplasmik dan protein kolagen (jaringan ikat).

Protein Miofibril

Sebagian besar serabut otot mengandung lebih dari 50% protein miofibril. Myofibril berperan terhadap panjang serat otot dan dikelilingi otot yang lengkap, dan satu otot tunggal terdiri dari 1000 sampai 2000 miofibril. Berdasarkan fungsinya, protein myofibril dapat dibagi menjadi tiga, yaitu contractile protein yang berperan terhadap kontraksi otot, terdiri dari miosin dan aktin, regulatory protein, yang berperan terhadap pengaturan dan kontraksi otot, dan cytoskeletal protein yang mendukung dan mempertahankan keutuhan struktur miofibril (Lawrie dan Ledward, 2006).

Miofibril tersusun dari 55-60% miosin dan 20% protein aktin. Protein miofibril lainnya ada dalam jumlah kecil, yang disebut protein pengatur, karena berfungsi mengatur kompleks ATP aktin miosin. Miosin merupakan protein yang dominan dalam filament tebal sarkomer dan mempunyai proporsi asam amino basa dan asam tinggi. Miosin mempunyai tiga sifat fungsional yaitu merupakan enzim aktivitas ATPase; (ii) membentuk kompleks alami dengan aktin; (iii) molekul miosin bereaksi dengan yang lain dan membentuk filamen. Aktin merupakan protein miofibril terpenting kedua, merupakan filamen tipis yang terdiri dari G-aktin dan F-aktin. Aktin mengandung 376 asam amino dan yang berperan besar adalah prolin dan glisin.

Protein miofibril memiliki sifat sebagai berikut: (a) Tidak larut air pada suhu kamar, tetapi larut pada suhu dingin (-4 sampai 4°C); (b) Larut dalam larutan garam 1%; (c) Berperan terhadap tekstur produk, dengan membentuk tekstur seperti berserat (fibrous); (d) Memiliki kapasitas pengikatan air yang sangat tinggi; (e) Kemampuan menstabilkan emulsi lebih tinggi daripada fraksi protein lain pada pH tinggi; (f) Kapasitas pembentukan gel tinggi walaupun pada konsentrasi rendah (0,1-0,5%); dan (g) Viskositas sangat tinggi.

Protein miofibril memiliki peran penting pada teknologi pengolahan daging dengan melihat sifatnya. Pada pembuatan sosis/nugget yang terpenting adalah mengembangkan struktur untuk menyerap air. Hal ini tergantung perubahan intensitas pengembangan miofibril karena 97% kapasitas pengikatan air pada daging berhubungan dengan fraksi protein miofibril. Pada produk daging restrukturisasi yang terbuat dari elemen otot,

kemampuan mengikat protein memainkan peran penting, tergantung jumlah protein miofibril yang terekstrak. Sifat protein miofibril dalam pembentukan gel penting dalam menentukan tekstur produk daging (Kim et al., 2018).

Protein Sarkoplasmik

Jenis protein kedua yang dominan pada daging adalah protein sarkoplasmik yang memiliki komponen utama mioglobin dan hemoglobin. Protein sarkoplasmik merupakan protein globular yang larut air dan dalam larutan dengan kekuatan ionik kuat. Protein sarkoplasmik memiliki kapasitas menahan air rendah, viskositas rendah, serta kapasitas pembentukan emulsi sangat rendah. Pada teknologi pengolahan daging, mioglobin dan hemoglobin yang merupakan komponen utama protein sarkoplasmik berperan dalam memberi cita rasa dan warna daging (Lawrie dan Ledward, 2006). Protein sarkoplasmik berperan dalam reaksi Maillard sehingga mendukung pembentukan warna produk olahan daging. Walaupun kapasitas emulsinya lemah, protein sarkoplasma yang mengelilingi globula fase terdispersi berperan dalam menurunkan tegangan interfacial antara fase air dan lipid.

Protein Kolagen

Protein kolagen (jaringan ikat) merupakan jenis protein ketiga yang dominan pada daging dengan jumlah 20-25% dari total protein. Kolagen merupakan protein struktural terdiri dari substansi dasar, sel dan serabut ekstraseluler. Kadar kolagen daging dapat berbeda di antara jenis kelamin, umur dan di antara daging pada karkas yang sama. Jumlah dan kekuatan kolagen meningkat sesuai umur. Perbedaan kandungan kolagen sangat menentukan nilai ekonomis bagian karkas dan daging. Kulit banyak mengandung kolagen, demikian juga tendo, ligamentum, tulang dan tulang rawan atau kartilago. Distribusi kolagen pada otot skeletal tidak merata, tergantung pada aktivitas fisik masing-masing otot. Serabut kolagen jaringan ikat mempunyai diameter antara 1-12 μm , sedangkan ikatan paralel fibril penyusun serabut kolagen tersebut berdiameter antara 2-100 nm (Lawrie dan Ledward, 2006).

Kolagen tersusun atas asam amino, terutama glisin, sejumlah 1/3 dari total asam amino serta hidroksiprolin dan prolin sebanyak 23 %. Hidroksiprolin merupakan komponen kolagen yang terdapat dalam jumlah cukup besar dan relatif konstan, yaitu 12,8–14,0% dan hanya terdapat dalam jumlah kecil pada protein tubuh lainnya (Lawrie dan Ledward, 2006). Kolagen mengandung sejumlah kecil gula berupa glukosa dan galaktosa. Di samping itu kolagen juga mengandung asam glutamat, alanin dan hidroksilisin.

Kolagen memiliki sifat sebagai berikut: (a) Larut pada kondisi panas, yang dapat terlihat apabila daging direbus akan menjadi lunak karena larutnya kolagen; (b) Larut pada pH rendah (kondisi asam), yang ditunjukkan dengan tekstur daging setelah aging lebih lunak daripada sebelumnya; (c) Kadar kolagen pada daging dipengaruhi kandungan lemaknya. Kadar lemak yang relatif tinggi akan melarutkan atau menurunkan kandungan kolagen; (d) Kolagen memiliki sifat pembentukan gel unik, yaitu dapat membentuk gel yang reversible (dapat balik) pada rentang luas dan tanpa penambahan bahan tambahan; dan (e) Struktur kolagen bersifat elastis dengan modulus elastisitas sangat tinggi.

Beberapa aplikasi pengolahan daging menuntut peran kolagen, di antaranya pada pembuatan gelatin yang bertujuan mengekstrak kolagen dari jaringan. Pada pembuatan sosis, kolagen berperan dalam pembentukan strukturnya, karena tanpa kolagen, sosis yang terbentuk menjadi lunak dan rubbery, serta cohesiveness rendah. Pada teknologi pengolahan daging lainnya, kolagen menentukan kealotan hasil olahan daging. Ikatan silang meningkat selama pertumbuhan dan perkembangan ternak, dan kolagen menjadi lebih kuat. Oleh karena itu, ternak yang lebih tua meng-hasilkan daging yang cenderung lebih alot daripada daging ternak muda pada bagian karkas yang sama. Perbedaan kealotan di antara daging dari suatu karkas, daging yang sama di antara spesies ternak, juga disebabkan oleh perbedaan jumlah ikatan silang serabut kolagen. Untuk memecah struktur kolagen, sehingga daging menjadi lebih lunak digunakan beberapa cara misalnya penambahan asam, pemanasan, dan enzimatis (Laville et al., 2009).

3.6.5 Mutu Daging

Salah satu faktor yang menentukan mutu daging adalah aroma. Daging yang baru disembelih cenderung beraroma dan berasa darah karena flavor daging yang menghasilkan senyawa volatil biasanya baru berkembang dengan adanya pemanasan. Pada daging yang baru disembelih, flavornya didominasi oleh flavor daging mentah yang merupakan kombinasi garam darah dan saliva. Selama tahap pelayuan, terjadi pemecahan nukleotida yang mengakibatkan perubahan flavor. Sampai tahap *rigor-mortis*, belum terbentuk komponen flavor pada daging karena belum ada fosforilasi adenosin dipospat (ADP) dan ATP. Pada tahap *post-rigor* terbentuk senyawa penyusun flavor daging yaitu asam inosinat, glikoprotein dan asam amino. Asam amino, nukleotida, peptida, asam, gula dan inosin monofosfat merupakan komponen cita rasa dasar pada daging. Selain itu juga terdapat senyawa mudah menguap sebagai penyusun aroma daging yaitu asetaldehida, propionaldehid, 2-metil propanal, 3-metil-butanal, aseton, 2-buta-non n-heksanal dan 3 metil-2 butanon (Lawrie dan Ledward, 2006).

Tiap jenis daging memiliki komposisi yang berbeda, tergantung umur, jenis kelamin serta bagian daging yang diambil. Secara umum, daging sapi terdiri dari empat kelompok yaitu *prime cut*, *secondary cut*, daging variasi dan jeroan (*offal*). Setiap bagian daging tersebut memiliki ciri khas masing-masing sehingga apabila kita ingin menerapkan pada produk yang tepat maka kita harus mengetahui karakteristik masing-masing produk tersebut (Lawrie dan Ledward, 2006).

Prime cut atau biasa disebut *daging bermutu* merupakan daging sapi dengan mutu tertinggi yang berasal dari bagian has dalam sapi. *Prime cut* adalah bagian yang murni daging dengan tekstur empuk karena tidak ada bagian otot, dengan jumlah tidak lebih dari 10% dibanding dengan total berat daging. Daging *prime cut* terdiri dari bagian *tenderloin* (has dalam), *cube roll* (*lamosir*) dan *striploin* (Charley dan Weaver, 1998).

Secondary cut juga disebut daging industri berasal dari bagian daging yang bukan *prime*. Meskipun bukan berasal dari bagian *prime* pada daging, *secondary cut* ini mempunyai tekstur yang hampir sama lembutnya dengan

primary cut, demikian juga rasanya. Selain berbeda pada bagian asalnya, *primary* dan *secondary cut* juga berbeda pada suhu dan waktu pemasakan. Daging *secondary cut* memerlukan waktu pemasakan yang relatif lebih lama dibandingkan *primary cut*.

Daging variasi terdiri dari beberapa bagian antara lain ekor, cingur (tulang rawan dari bagian hidung dan bibir atas) dan kikil (daging pada kaki sapi). Bagian jeroan pada kelompok daging sapi antara lain adalah jantung dan hati. Bagi sebagian masyarakat Indonesia, terutama rakyat kecil, jeroan merupakan sumber protein dan lemak yang harganya terjangkau walaupun di luar negeri jeroan dianggap sebagai sampah. Jantung biasanya dicampur dengan daging untuk membuat bakso dan *corned*, sehingga harganya menjadi lebih murah.

Di antara empat bagian tersebut, yang jumlahnya paling banyak adalah *secondary cut*. Daging *secondary cut* terdiri dari bagian *oyster blade*, *chuck*, *chuck tender*, *knuckle*, *silverside*, *topside*, dan *rump*. Bagian daging *secondary cut* berbentuk acak dan pada bagian tengahnya ada otot atau jaringan lemak sehingga perlu penanganan khusus untuk membersihkan bagian ini. *Oyster blade*, atau juga disebut *blade*, *clod*, *oyster* atau sampil kecil merupakan bagian daging *bahu atas dan bawah yang berbentuk segi empat*. *Oyster blade* memiliki berat kurang lebih 5,5% dari berat karkas dan merupakan daging yang tebal, mempunyai tekstur lembut serta mudah diurai. *Oyster blade* memiliki kulit luar/lemak yang cukup tebal sehingga perlu waktu yang lebih lama untuk membersihkan daging dari kulit luar tersebut, apabila bagian ini diolah menjadi produk tanpa lemak.

Chuck atau sampil merupakan bagian bahu sampai ke arah leher yang dagingnya berwarna merah pekat dan memiliki ketebalan sekitar 2-3 cm. *Chuck* terdiri dari sekelompok serabut daging besar dan kecil yang saling berseberangan/melintang. Jumlah *chuck* kurang lebih 4.8% dari berat karkas (Charley dan Weaver, 1998). Karena banyak serabut otot yang saling berseberangan/melintang, *chuck* lebih alot bila dibandingkan dengan *blade*. Kelebihan *chuck* dari *blade* adalah tidak terlalu banyak kulit luar/lemak permukaan yang tebal. Walaupun memiliki struktur relatif agak keras, rasa *chuck* cukup lezat karena mengandung kolagen cukup tinggi.

Chuck tender merupakan bagian daging pada kaki depan atau paha dan berjumlah kurang lebih **0.9 %** dari berat karkas sapi. Bentuknya seperti batu ulekan dan terbungkus kulit luar yang tipis. *Chuck tender* mempunyai karakteristik tidak jauh berbeda dengan *oyster blade* yaitu tekstur lembut dan mudah diurai. Kelebihan *chuck tender* adalah tidak banyak lapisan kulit luar keras/ lemak tebal yang membungkusnya.

Silverside merupakan bagian daging bagian belakang di atas kaki, tepat di bawah pantat. *Silverside* terdiri dua jenis yaitu bagian yang rata (*flat-side*) dan bagian luar (*outside*), tetapi *silverside* yang dijual biasanya yang berasal dari bagian luar. *Silverside* biasanya digunakan sebagai bahan baku produk panggang, misalnya di Indonesia sebagai bahan baku sate. Pada saat pemanggangan, bagian luar dari daging ini harus diolesi lemak untuk mencegah hilangnya lemak dari bagian dalam yang membuat daging menjadi kering sebelum matang.

Knuckle merupakan bagian daging dari paha belakang bagian atas di antara penutup dan gandik, sedangkan *rump* merupakan bagian daging punggung belakang. *Flank (plate)* merupakan bagian daging yang berasal dari otot perut, yang berbentuk panjang dan datar, tapi kurang lunak. *Brisket* atau di Indonesia dikenal sebagai sandung lamur merupakan bagian daging yang berasal dari bagian dada bawah sekitar ketiak, dan agak berlemak.

Rib atau daging iga sapi merupakan bagian daging sapi yang berasal dari daging di sekitar tulang iga atau tulang rusuk. Seluruh bagian daging iga ini bisa terdiri dari beberapa iga, mulai dari iga ke-6 sampai dengan iga ke-12. *Rib-eye steak* merupakan potongan dalam bentuk steak, bisa dengan tulang (*bone in*) atau tanpa tulang (*boneless*), sedangkan *shank (shin)* berasal dari bagian depan atas kaki sapi.

Tekstur daging bervariasi antar bagian, dan daging dapat memiliki tekstur dari lunak hingga sangat keras. Daging yang berada di bagian atas karkas dan dekat dengan tulang belakang lebih lunak daripada daging yang berada pada bagian bawah. Daging dari bagian bawah kaki serta dari sekitar leher paling keras di antara yang lain. Daging dari bagian *chuck* lebih lunak daripada bagian *brisket*, sedangkan bagian *rib* lebih lunak daripada *plate*. Keempukan daging tidak hanya tergantung dari bagian tersebut. Adanya lemak pada

jaringan penghubung yang disebut *marbling*, membuat tekstur daging lebih empuk. Menurut (Lawrie dan Ledward, 2006). Kekerasan pada daging juga dipengaruhi kolagen dan jaringan penghubung intramuskular.

Mutu daging juga ditentukan rendeman (*yield*) yang dihasilkan. Ketebalan dan kesempurnaan otot serta jumlah lemak yang harus dihilangkan. Berdasarkan *yield*, daging sapi dibedakan berdasarkan lima tingkat mutunya (Charley dan Weaver, 1998). Mutu daging tertinggi terdapat pada daging yang memiliki jumlah daging tanpa tulang paling tinggi.

3.6.6 Penyimpanan Daging

Daging mengalami proses yang cukup panjang dimulai saat masih hidup, kemudian mengalami proses penyembelihan menjadi karkas sampai daging diolah. Selama proses tersebut, daging rentan mengalami kontaminasi yang dapat menurunkan mutunya. Mutu dan umur simpan produk olahan daging terutama ditentukan oleh kondisi mikrobiologi dan biokimia daging yang diolah.

Penyimpanan tidak memperbaiki mutu bahan pangan, termasuk daging. Mutu bahan pangan juga tidak menurun secara nyata selama penyimpanan, asalkan kondisi penyimpanan dilakukan secara benar pada waktu yang telah ditetapkan. Selama penanganan, penyimpanan dan konsumsi, banyak faktor yang mempengaruhi keterbatasan umur simpan daging, yaitu pH, aktivitas air (a_w), oksigen, kondisi penyimpanan, penguapan dan kontaminasi sekunder. Umur simpan daging dapat diperpanjang dengan mengendalikan faktor tersebut. Pertumbuhan bakteri pembusuk dan kerusakan fisik, kimia maupun organoleptik dapat dihambat dengan mengatur jumlah oksigen yang tersedia, suhu dan pengaturan kondisi udara.

Kaitan dengan tingkat keasaman dan aktivitas air pada bahan, umur simpan daging dapat diperpanjang dengan menurunkan pH dan atau a_w . Nilai pH dan a_w mempengaruhi pertumbuhan mikroorganisme pada bahan pangan, akan tetapi, produk daging yang diawetkan dengan menurunkan pH dan a_w memiliki keterbatasan terutama dalam sifat organoleptik, kecuali untuk beberapa produk olahan daging yang diinginkan memiliki rasa asin atau tekstur kering.

Oksigen mempengaruhi daging dan produk olahannya sehingga mengubah warna daging yang semula merah menjadi agak abu-abu atau hijau (Kim *et al.*, 2018). Oksigen juga dapat mengakibatkan terjadinya oksidasi dan ketengikan pada lemak daging sehingga menghasilkan flavor yang tidak diharapkan. Untuk menghindari reaksi antara daging dengan oksigen, dapat dilakukan dengan memodifikasi pengemasan.

Kondisi penyimpanan yang mempengaruhi umur simpan daging, terutama suhu dan cahaya. Lebih lama daging terpapar cahaya, maka mempercepat proses oksidasi dan ketengikan daging karena cahaya merupakan salah satu pemacu proses tersebut. Bahan pengemas yang transparan tidak melindungi produk terhadap pengaruh cahaya, sehingga untuk produk yang sering terpapar cahaya, pengemas yang berwarna atau tidak tembus pandang lebih dianjurkan. Pengemas film yang dilapis dengan aluminium foil baik untuk daging karena tidak tembus cahaya. Daging atau olahannya yang dikemas dengan pengemas yang transparan terlindungi apabila disimpan pada kondisi gelap atau kurang cahaya.

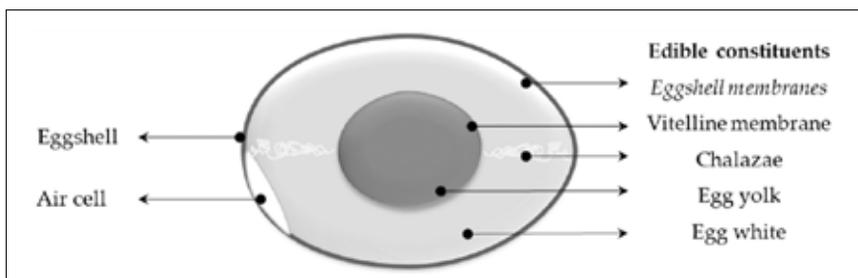
Selama penanganan daging, mulai penyembelihan sampai pengolahan, kontaminasi daging tidak bisa dihindarkan. Kontaminasi sekunder pada produk seperti debu dan kotoran lain dapat dicegah menggunakan pengemas, terutama plastik. Apabila yang terjadi adalah pertumbuhan mikroorganisme dalam daging, maka tidak dapat dihentikan dengan hanya menggunakan pengemas, tetapi perlu teknik pengawetan yang lain.

3.7 Telur

Telur merupakan hasil ternak unggas, seperti ayam, bebek, itik, burung puyuh, penyu dsb. Secara definisi, telur segar adalah telur dalam kerabang yang berasal dari kelompok hewan unggas atau penyu, yang tidak mengalami proses pendinginan dan tidak mengalami pengawetan, dan tidak busuk. Pada telur tersebut belum terjadi pertumbuhan embrio, belum dierami, kerabangnya bebas dari benda asing (kotoran hewan, tanah) dan tidak retak atau pecah. Telur merupakan sumber protein dan dapat diolah menjadi berbagai produk olahan, baik olahan yang siap dikonsumsi maupun produk intermediet, seperti tepung telur.

3.7.1 Komposisi Telur

Telur dari berbagai jenis unggas mempunyai struktur dan karakteristik fisik serta kimiawi yang hampir sama. Telur berbentuk bulat oval dan di bagian tumpul sebelah dalam terdapat rongga udara. Struktur telur unggas tersusun atas tiga bagian utama, yaitu dari luar ke dalam berturut-turut berupa cangkang/ kulit telur (*shell egg*), putih telur (*egg white*), dan kuning telur (*egg yolk*) (**Gambar 3.5**). Komposisi masing-masing bagian sbb: kulit telur (11%), putih telur (58%) dan kuning telur (31%). Kulit telur terdiri dari komponen utama kristal kalsium karbonat, yang terkumpul dalam matrik organik yang mengelilingi bagian utama. Kulit telur terdiri dari empat lapisan, yaitu lapisan kutikula, bunga karang, mamilaris, dan membran kerabang telur (Charley dan Weaver, 1998). Kulit telur merupakan pelindung isi telur terhadap kontaminasi mikroorganisme, dan merupakan bagian yang paling keras dan kaku. Lapisan kutikula terdiri dari 90% protein dan sedikit lemak melapisi pori-pori telur, berfungsi untuk mencegah penetrasi mikroba melalui kerabang telur dan mengurangi penguapan air yang terlalu cepat.



Gambar 3.5 Struktur telur (Rehault-Godbert *et al.*, 2019)

Telur mengandung zat gizi relatif lengkap seperti protein, lemak, vitamin dan mineral sehingga dapat disebut sebagai kapsul gizi (Rehault-Godbert *et al.*, 2019). Telur juga nilai biologinya tinggi. Masing-masing bagian telur memiliki komposisi yang berbeda seperti terlihat pada **Tabel 3.5**.

Tabel 3.5 Komposisi telur, kuning telur dan putih telur

Komponen	Telur	Kuning telur	Putih telur
Berat (g)	50	16,6	33,4
Air (%)	37	8	29
Kalori	75	59	17
Protein (g)	6,3	2,8	3,5
Lemak (g)	5	5,1	0
Karbohidrat (g)	0,61	0,3	0,34
Fosfor	89	81	4
Zat besi	0,72	0,59	0,01
Vitamin A (IU)	317	323	-
Thiamin (mg)	0,03	0,03	-
Riboflavin (mg)	0,25	0,11	0,15
Niasin (mg)	0,037	0,002	0,031

Sumber: Murano (2003)

Putih telur atau albumen terdiri dari tiga lapisan, lapisan yang paling luar yang tipis, kemudian lapisan tebal dan lapisan tipis lain yang melekat pada kuning telur. Ketiga lapisan tersebut memiliki perbedaan kekentalan yang disebabkan perbedaan kadar air. Kandungan air putih telur lebih banyak dibandingkan dengan kuning telur, sehingga bagian ini lebih mudah rusak selama penyimpanan.

Putih telur tersusun atas protein, terutama ovalbumin yang sebagian besar terdiri dari gugus sulfidril. Selain itu juga terdapat protein conalbumin (ovotransferin) sebanyak 12 % dan ovomucoid sebanyak 11%. Jenis protein lain pada putih telur adalah globulin (8%), lisozim (kurang dari 4%), ovomucin (kurang dari 2%). Protein avidin juga terdapat dalam jumlah kecil, yang dapat mengikat biotin sehingga membuat tidak tersedia untuk mikroorganisme. Pada saat pemasakan, avidin ini mudah mengalami denaturasi.

Bagian kuning telur yang terluar, yang memisahkan dari putih telur, disebut sebagai membran vitelin. Warna kuning telur terutama dipengaruhi oleh kadar pigmen xantofil pada pakan ayamnya. Komposisi kuning telur yang utama adalah $\frac{1}{2}$ air, $\frac{1}{3}$ lemak dan $\frac{1}{3}$ protein. Kadar lemak pada kuning telur tinggi karena $\frac{3}{4}$ energi pada telur disuplai oleh kuning telur.

Lemak pada kuning telur terdiri dari triasilgliserol sebanyak $\frac{3}{4}$ bagian dan kurang dari $\frac{1}{4}$ bagian berupa fosfolipida, dengan kolesterol sebesar 4-6%. Asam lemak utama pada kuning telur adalah oleat, palmitat, stearat dan linoleat. Fosfolipid utama pada kuning telur adalah lesitin (fosfatidil kolin), diikuti oleh fosfatidil etanolamin dan fosfatidil serin.

Protein utama pada kuning telur adalah vitellin, yang membentuk kompleks dengan lemak, disebut lipovitellin. Pada kuning telur juga terdapat fosfoprotein yaitu fosvitin, yang mengikat lebih dari 80% zat besi pada kuning telur. Protein lain pada kuning telur yaitu livetin, protein globular yang mengandung sulfur dan lipoprotein berdensitas rendah (Charley dan Weaver, 1998).

3.7.2 Mutu Telur

Telur segar memiliki konsistensi yang kental dan tidak menyebar pada saat dipisahkan dari kulitnya. Karakter telur tersebut ditentukan oleh *ovomucin*, dan didukung oleh lisozim. Telur yang kental dan gel yang bersifat transparent tersebut bertahan selama satu minggu. Pada telur yang masih segar, kuning telur berada pada bagian tengah, dan akan bergeser seiring penurunan mutu telur.

Telur yang sudah disimpan akan kehilangan air dan karbondioksida, yang mengakibatkan pH telur menjadi lebih basa. Telur segar memiliki pH 7,6, dan meningkat menjadi 9,0-9,7 dalam beberapa hari. Perubahan lain yang terjadi adalah putih telur menjadi encer yang disebabkan oleh putusannya ikatan kompleks lisozim-ovomucin karena pH yang tinggi. Seiring dengan encernya putih telur, warnanya juga berubah menjadi lebih kekuningan dan keruh. Kuning telur melebar dan tidak lagi berada di tengah karena mengalami penurunan mutu.

Agar telur tetap dipertahankan mutunya, penyimpanan harus dilakukan pada 4°C. Penyimpanan telur di tempat tertutup atau merendam di dalam larutan natrium silikat dapat mencegah kehilangan air dan karbondioksida. Kondisi penyimpanan tersebut dapat mempertahankan mutu telur hingga 6 bulan dibandingkan telur yang disimpan pada suhu ruang yang hanya

dapat bertahan hingga beberapa hari. Untuk mempertahankan mutu telur juga dapat dilakukan dengan melapisi (*coating*) dengan mineral oil sehingga menutup pori-pori telur dan mencegah penguapan air dan karbondioksida dari dalam telur sehingga dapat mempertahankan mutunya selama penyimpanan. Metode lain yang dapat dilakukan untuk mempertahankan mutu telur adalah pelilinan (Charley dan Weaver, 1998).

Selain dalam bentuk utuh, pengawetan telur juga dilakukan dalam bentuk telur tanpa kulit, baik campuran putih dan kuning telur, atau yang sudah dipisahkan antara putih dan kuning. Putih telur yang dibekukan terpisah tidak memerlukan perlakuan pendahuluan. Kuning telur serta campuran putih dan kuning telur memerlukan perlakuan pendahuluan karena apabila tidak, selesai di-*thawing*, telur bersifat kental, pseudoplastis dan menggumpal. Hal ini disebabkan penggumpalan lipoprotein pada kuning telur, karena perubahan struktur air selama pembekuan. Penambahan garam, gula atau sirup jagung sebelum pembekuan menghasilkan telur dengan sifat seperti semula.

Selain dalam bentuk beku, telur juga diawetkan dengan metode pengeringan, menggunakan pengering beku, *foam-spray* dan pengering semprot. Sebelum pengeringan, telur perlu dipasteurisasi selama 3,5 menit pada 57°C untuk putih telur dan 60°C untuk campuran putih dan kuning telur. Pasteurisasi mengurangi kemungkinan kontaminasi mikroba patogen, terutama *Salmonella*. Sebelum pengeringan, telur harus dihilangkan glukosanya untuk menghindari reaksi pencokelatan yang mengakibatkan perubahan warna telur.

3.7.3 Sifat Fungsional Telur

Sifat fungsional merupakan sifat fisikokimia di luar sifat nutrisi yang memungkinkan telur menyumbang karakteristik yang diinginkan pada makanan yang didasarkan pada sifat komponen telur bila berinteraksi dengan komponen lain dalam sistem pangan yang kompleks. Komponen pada telur, terutama protein dan lemak menentukan sifat fungsional telur dalam sistem persiapan dan penyimpanan makanan.

Pengemulsi

Emulsi merupakan sistem yang terdiri dari dua fase cairan yang tidak saling melarutkan, dimana salah satu cairan terdispersi dalam bentuk globula di dalam cairan lainnya. Fase terdispersi adalah cairan yang terpecah menjadi globula, sedangkan cairan yang mengelilingi globula disebut fase kontinyu atau medium dispersi. Untuk mendapatkan fase terdispersi dan medium dispersi diperlukan pengemulsi dan enersi. Untuk memperoleh emulsi yang diinginkan secara cepat dan ekonomis, diperlukan jenis pengemulsi yang sesuai dengan tujuan. Pada produk berbentuk tepung dan pasta, pengemulsi berfungsi untuk menghomogenkan tepung dan mencegah penggumpalan sehingga adonan lebih konsisten dan seragam.

Pada telur, komponen pengemulsi terutama terdapat pada kuning telur yang berupa senyawa fosfolipid, yaitu lesitin serta lipoprotein berdensitas rendah. Contoh produk pangan yang menggunakan telur sebagai pengemulsi adalah cake, mayonnaise dan french dressing.

Pengental dan Pembentuk Gel

Protein telur mudah mengalami denaturasi oleh pemanasan, dan sifat ini yang menentukan peran telur sebagai senyawa pengental dan pembentuk gel. Pemanasan mengakibatkan protein menggumpal yang selanjutnya terjadi membentuk gel. Penggumpalan protein terjadi pada suhu tertentu yang ditentukan pH, kecepatan kenaikan suhu dan garam. Adanya panas pada putih telur juga mengakibatkan perubahan telur dari yang semula kental dan jernih menjadi keruh serta mempunyai sifat sebagai padatan yang elastis, sehingga bagian yang digunakan sebagai bahan pengental dan pembentuk gel adalah putih telur. Kuning telur juga meningkat kekentalannya pada saat dipanaskan, akan tetapi sensitivitasnya terhadap pemanasan lebih rendah dibandingkan putih telur.

Keberhasilan penggunaan telur sebagai bahan pengental dan pembentuk gel dipengaruhi suhu dan waktu pemasakan. Suhu terlalu tinggi dan waktu berlebihan mengakibatkan terjadinya pengendapan yang berlebihan. Hasil yang baik didapatkan dengan suhu pemanasan yang tinggi dalam waktu

singkat. Pudding merupakan contoh produk pangan yang menggunakan telur sebagai pembentuk gel, sedangkan produk yang menggunakan telur sebagai bahan pengental adalah saus dan custard.

Pembentuk dan Penjaga Kestabilan Buih

Buih merupakan dispersi koloid dari fase gas dalam fase cair, yang terbentuk dengan adanya pengocokan. Putih telur merupakan bagian yang berperan dalam membentuk dan menjaga kestabilan buih. Kemudahan pembentukan buih ditentukan protein globulin, sedangkan kemampuan menstabilkan buih saat dipanaskan ditentukan kompleks lisozim-ovomucin, ovalbumin dan conalbumin.

Proses pembentukan buih dimulai pada saat putih telur dikocok sehingga terbentuk gelembung udara yang ditangkap oleh putih telur, dan terbentuklah buih. Selama pengocokan terjadi peningkatan dan penurunan ukuran dan jumlah gelembung udara. Daya buih merupakan ukuran kemampuan putih telur untuk membentuk buih jika dikocok (dinyatakan dalam persen terhadap volume putih telur). Volume buih yang baik terbentuk sebesar 6-8 kali volume putih telur, dan kemampuan membuih putih telur mempengaruhi pengembangan adonan selama pemanasan.

Kapasitas pembuihan putih telur juga ditentukan kestabilan buih yang dihasilkan. Struktur buih yang stabil umumnya dihasilkan dari putih telur yang mempunyai elastisitas tinggi, sebaliknya volume buih yang tinggi diperoleh dari putih telur dengan elastisitas rendah. Elastisitas hilang jika putih telur terlalu banyak dikocok atau diregangkan seluas mungkin.

Volume dan kestabilan buih ditentukan oleh beberapa hal, di antaranya jenis dan umur telur. Jenis telur yang berbeda memiliki kadar globulin yang berbeda, misalnya telur ayam memiliki kadar globulin lebih tinggi dibandingkan telur itik. Oleh karena itu, telur ayam memiliki kemampuan membentuk buih lebih baik dibandingkan telur itik. Semakin lama umur telur, maka volume dan kestabilan buih putih telur ayam semakin menurun. Suhu telur juga mempengaruhi kemampuan putih telur dalam pembentukan buih. Telur yang disimpan pada suhu ruang mempunyai kemampuan membentuk

buih dan tekstur lebih baik daripada telur yang disimpan pada suhu dingin karena putih telur menjadi terlalu kental sehingga lebih sulit untuk dibuat buih.

Kemampuan pembentukan buih dipengaruhi oleh adanya lemak, yang meskipun dalam jumlah kecil juga akan mengganggu pembentukan buih dan menurunkan volume buih yang dihasilkan. Untuk mendapatkan kemampuan membentuk buih yang baik, putih telur dikocok terpisah dengan kuning telur, mentega atau sumber lemak yang lain agar menghasilkan volume pengembangan yang optimal. Pembentukan buih juga memerlukan penambahan bahan lain untuk menjaga kestabilan buih. Gula dapat mengikat protein sehingga tidak terjadi pengendapan protein, sehingga buih yang dihasilkan menjadi lebih stabil.

Aplikasi telur sebagai pembentuk dan penstabil buih penting dalam pembuatan cake karena mempengaruhi kekokohan struktur cake yang dihasilkan. Pemanasan adonan cake mengakibatkan udara dalam sel memuai dan putih telur yang menyelubunginya meregang. Volume dan kestabilan buih yang bagus diperlukan agar kue yang dihasilkan mempunyai struktur dan tekstur yang bagus. Buih yang kurang stabil tidak dapat mendukung pengembangan kue secara maksimal.

Bahan Pengikat

Beberapa produk pangan memerlukan bahan pengikat yang bertujuan mengurangi penyusutan pada waktu pengolahan, meningkatkan daya mengikat air, mempertahankan nutrisi, memperbaiki sifat irisan, dan mengurangi biaya produksi. Telur sering digunakan sebagai bahan pengikat pada produk olahan daging karena memiliki sifat adhesivitas sehingga dapat mengikat bahan lain dan menghasilkan tekstur produk yang kompak. Bakso dan burger merupakan dua contoh produk pangan yang menggunakan telur sebagai bahan pengikat.

Penjernih

Pada produk tertentu, kejernihan merupakan indikator penting yang menentukan mutu produk, misalnya pada pembuatan wine. Warna, flavor dan aroma merupakan indikator dalam tahap penjernihan wine. Adanya partikel pada suspensi tidak hanya mempengaruhi penampilan wine saja, tetapi juga mempengaruhi aroma. Senyawa penjernih yang digunakan adalah putih telur atau albumin. Senyawa yang menyebabkan kekeruhan dan flavor tidak diinginkan pada wine adalah tanin yang bermuatan negatif, dan penambahan albumin yang bermuatan positif akan mengikat tanin.

Pada satu jenis produk pangan, telur dapat berperan pada lebih dari satu sifat fungsionalnya, sebagai contoh pada pembuatan biskuit. Penggunaan telur pada proses pembuatan biskuit meningkatkan dan memperkuat flavor, warna dan berfungsi sebagai pengemulsi. Telur juga memberi efek yang menguntungkan terhadap kerenyahan dan tekstur biskuit.

3.8 Susu

Susu merupakan produk emulsi butiran lemak susu dalam air. Susu sapi segar memiliki pH 6,6. Susu sapi terdiri dari 88% persen air, 3,3% protein, 3,3% lemak, 4,7% karbohidrat dan 0,7% mineral. Lemak pada susu terutama terdiri dari trigliserida, dengan asam lemak rantai pendek jenuh, misalnya asam butirat. Lemak susu juga mengandung vitamin yang larut lemak yaitu vitamin A, D, E dan K, serta pigmen karotenoid. Karbohidrat utama pada susu adalah laktosa, yang juga disebut gula susu. Laktosa memiliki tingkat kemanisan rendah (0,3 kali dibandingkan sukrosa), dan tingkat kelarutannya lebih rendah dibandingkan jenis gula lain, sehingga memberikan teksur berpasir pada beberapa produk. Laktosa merupakan disakarida yang tersusun dari glukosa dan galaktosa. Laktosa dapat dipisahkan dari susu dengan cara kristalisasi (Walstra *et al.*, 1999).

Pada saat susu dipanaskan, kemungkinan laktosa mengalami beberapa perubahan. Laktosa dapat mengalami isomerisasi menjadi laktulosa, yang berarti glukosa mengalami konversi menjadi fruktosa. Selama pemanasan susu, juga terjadi karamelisasi, dimana reaksi tersebut dipengaruhi konsentrasi gula, waktu pemanasan, pH dan suhu.

3.8.1 Protein Susu

Protein utama pada susu adalah kasein, yang jumlahnya mencapai 80% dari jumlah protein susu. Kasein tersusun atas alfa, beta dan kappa kasein, yang terdispersi sebagai kalsium kaseinat atau serum susu. Karakteristik penting kasein adalah dapat mengendap pada pH 4,6 dengan adanya enzim rennin. Proses tersebut terjadi pada pengolahan keju. Jenis protein lain pada susu adalah whey protein atau serum protein, tidak dapat mengendap dengan penambahan enzim rennin, tetapi dapat menggumpal karena panas. Protein susu, yaitu α dan β kasein juga merupakan pengemulsi yang baik.

Jenis protein susu yang lain adalah whey protein (laktalbumin atau laktoglobulin). Whey protein tidak dapat mengendap oleh asam atau enzim renin, akan tetapi dapat menggumpal karena panas. Hasil olahan whey protein misalnya whey protein concentrate dan whey protein isolate. Whey protein concentrate memiliki kadar protein 75% dihasilkan melalui proses pemanasan susu dan penyaringan melalui membran yang sangat halus (ultrafiltrasi). Whey protein isolate memiliki kadar protein lebih tinggi, yaitu 90%, diperoleh melalui pemurnian yang lebih tinggi atau pemekatan lebih lanjut. Whey protein isolate digunakan dalam produk bakeri, sup dan sebagai pembentuk gel pada produk confectionery.

3.8.2 Jenis Susu

Susu merupakan suatu sistem emulsi, tidak hanya merupakan sebuah larutan atau dispersi koloid. Lemak pada susu berada dalam bentuk globula kecil dengan diameter 3-6 μm . Pada saat susu didiamkan, terjadi proses creaming, dimana globula lemak tersebut akan memisah. Untuk menghindari proses creaming, dilakukan proses homogenisasi pada susu. Proses homogenisasi dilakukan dengan cara melewatkan susu di bawah tekanan

tertentu untuk mengurangi ukuran globula lemak sehingga kurang dari 2 μm . Semakin tinggi tekanan yang digunakan, semakin kecil ukuran globula lemak yang dihasilkan, sehingga dapat mencegah proses creaming. Homogenisasi mempengaruhi beberapa sifat susu, antara lain warna susu lebih putih dan lebih kental dibandingkan susu yang tidak dihomogenisasi pada kadar lemak yang sama.

Ada beberapa jenis susu cair berdasarkan kadar lemaknya yaitu whole milk, susu cair dengan kadar lemak dikurangi, susu cair rendah lemak dan susu cair bebas lemak. Whole milk mengandung kadar lemak tidak kurang dari 3,25% dan 8,25% padatan susu non lemak. Susu cair dengan kadar lemak dikurangi memiliki kadar lemak 2%, dan susu rendah lemak memiliki kadar lemak 1%. Susu cair bebas lemak memiliki kadar lemak maksimal 0,5% dan total padatan non lemak minimal 8,25%. Pada susu homogenisasi dan pasteurisasi biasanya dilakukan fortifikasi 2000 IU vitamin A dan 400 unit vitamin D.

Ada orang yang mengalami kesulitan dalam mencerna laktosa pada susu karena dalam sistem pencernaannya tidak memiliki enzim laktase untuk mencerna laktosa. Untuk keperluan kelompok tersebut, dikembangkan susu dengan penambahan enzim laktase sehingga kadar laktosanya berkurang hingga 70% dan produk yang dihasilkan diberi label “bebas laktosa”.

3.9 Ikan dan *Seafood*

Ikan dan *seafood* merupakan sumber protein hewani dari hasil perairan. Menurut Oehlenschläger dan Rehbein (2009) ada sekitar 25.000-30.000 spesies ikan dan *seafood*, namun hanya 5% yang memiliki sifat sensori diinginkan sehingga dapat dikonsumsi. Perbedaan ikan dan *seafood* dengan hasil ternak hewani adalah hasil ternak hewani bisa dikendalikan (umur, ukuran, status gizi pakan), sedangkan ikan dan *seafood* tidak bisa dikendalikan (umur, berat, ukuran, sifat sensori), kecuali jenis ikan yang dibudidayakan.

Seafood meliputi kerang, oyster, lobster dan pangan hewani lainnya dari lautan, danau atau aliran air lainnya. Dengan demikian menurut definisi tersebut, ikan termasuk kelompok *seafood*. Ikan dapat dikelompokkan

menjadi *finfish* dan *shellfish*. *Finfish* merupakan ikan yang memiliki tulang dan sirip halus, sedangkan *shellfish* meliputi *crustacea* (kepiting, udang, lobster) dan moluska (remis, tiram, scallop). Dengan demikian, selain ikan, pangan dari laut dikelompokkan ke dalam *shellfish*.

3.10 Pengelompokan Ikan

Berdasarkan asalnya, ikan dapat dikelompokkan menjadi dua, yaitu ikan air tawar dan ikan air laut. Ikan lele, belut, dan ikan mas merupakan contoh ikan air tawar, sedangkan ikan cod, sardine, mackerel dan herring merupakan contoh ikan air laut.

Berdasarkan kadar lemaknya, ikan dapat dikelompokkan menjadi empat (Oehlenschläger dan Rehbein, 2009), yaitu ikan tanpa lemak, lemak rendah, lemak sedang dan berlemak. Ikan tanpa lemak memiliki kadar lemak kurang dari 1%, seperti ikan *cod*, *haddock*, *grenadier*, dan *Alaska pollack*. Ikan dengan kadar lemak rendah memiliki kadar lemak 1-5%, seperti belanak, *white halibut*, *wolffish*, dan *turbot*. Ikan berkadar lemak sedang memiliki kadar lemak 5-10%, meliputi *sardine*, *redfish*, *swordfish*, lele, *albacore*, *dogfish*, tuna, dan salmon. Ikan berlemak memiliki kadar lemak lebih dari 10%, seperti *black halibut*, *mackerel*, *herring* dan belut.

Berdasarkan bentuk anatominya, ikan dapat dikelompokkan menjadi tiga kelompok, yaitu ikan berbentuk bundar (misalnya ikan cod, *saithe* dan *hake*), ikan berbentuk datar (misalnya *plaice*, *dab* dan *flounder*), dan ikan berbentuk ular (misalnya belut, *lamprey* dan *moray*).

3.10.1 Nilai Gizi Ikan

Ikan dan *seafood* merupakan pangan tinggi protein (13-25%) dan proteinnya bermutu karena daya cerna proteinnya tinggi (**Tabel 3.6** dan **3.7**). Protein ikan mengandung asam amino esensial dan beberapa jenis ikan merupakan sumber asam lemak tidak jenuh ganda, terutama omega-3, yang dapat mengurangi resiko terjadinya penyakit kardiovaskuler. Ikan juga merupakan sumber vitamin A, B₁₂, D dan E serta sumber mineral terutama iodin dan selenium. Kadar lemak ikan bervariasi, mulai dari rendah (0,1 %) sampai tinggi (14,4%).

Ikan mengandung lebih banyak beberapa mineral esensial seperti selenium dan iodin dibandingkan pangan hewani lainnya (Oehlenschläger dan Rehbein, 2009). Protein ikan kaya asam amino esensial, memiliki nilai biologi tinggi dan mudah dicerna. Ikan memiliki jaringan ikat lebih rendah (1-2%) dibanding hewan lainnya (10-13%). Selain protein, pada daging ikan juga terdapat komponen nitrogen non protein, terdiri dari kreatin (0,2-0,7 g/100 g), trimetilamin oksida (0,1-1 g/100 g), adenosin nukleotida (0,2-0,4 g/100 g), asam amino bebas dan dipeptida.

Kadar lemak dalam ikan bervariasi mulai dari sangat rendah sampai tinggi, tergantung kelompoknya. Kadar lemak ini juga dipengaruhi status gizi ikan, umur dan musim. Lemak tidak terdistribusi secara merata pada seluruh tubuh ikan. Pada ikan berlemak rendah, lemak berada pada hati sebagai sumber energi, sedangkan pada ikan berlemak tinggi, lemak berada pada jaringan otot, pada lapisan di bawah kulit atau di dalam usus. Pada beberapa jenis ikan berlemak, terdapat kaitan antara kadar lemak dan kadar air pada jaringan otot. Ikan dengan kadar lemak rendah memiliki proporsi lipida polar (fosfatidil kolin dan fosfatidil etanolamin) daripada ikan berlemak tinggi, yang lebih didominasi triasilgliserol. Lemak polar terutama berada lapisan bilayer pada membran sel, sedangkan lemak netral berada dalam sel lemak penyimpan energi (hati, otot). Kadar kolesterol pada otot ikan pada umumnya rendah (35 mg/100 g).

Lemak ikan berbeda dari hewan lain, terutama adanya asam lemak tak jenuh ganda omega-3, yaitu *eicosapentanoic acid* (EPA) dan *docosahexaenoic acid* (DHA), yang disebut *polyunsaturated fatty acid* (PUFA). Kadar PUFA pada ikan bervariasi seperti terlihat pada **Tabel 3.6**. Beberapa jenis ikan seperti mackerel, tuna dan salmon memiliki kadar asam lemak tidak jenuh tinggi sehingga rentan terhadap oksidasi lemak dan perubahan oksidatif. Hal tersebut mengakibatkan ikan mudah mengalami perubahan bau dan rasa pada waktu penyimpanan tertentu.

Kadar vitamin pada ikan bervariasi berdasarkan spesiesnya, dan dipengaruhi juga oleh umur, ukuran, pakan dan letak geografisnya. Pada ikan yang dibudidayakan, kadar vitamin merefleksikan pakan yang diberikan. Vitamin larut lemak (A, D, E dan K) banyak terdapat pada hati ikan. Pada

daging ikan yang gelap mengandung lebih banyak vitamin yang larut lemak daripada bagian yang putih. Ikan juga merupakan sumber vitamin D yang penting, dan semakin tinggi kadar lemaknya, kadar vitamin D juga semakin tinggi. Ikan memiliki kadar vitamin E bervariasi mulai dari rendah sampai sedang. Kadar vitamin K pada ikan relatif rendah, yaitu vitamin K tertinggi terdapat di bagian otot ikan dan hati (Oehlenschläger dan Rehbein, 2009).

Kadar vitamin C pada ikan sangat kecil, yaitu 1-5 mg/100 g, demikian juga vitamin B₁ (thiamin). Pada ikan, ada satu masalah yaitu adanya enzim thiaminase yang dapat memecah molekul thiamin pada bagian jeroan ikan. Sebagai contoh ikan yang memiliki aktivitas thiaminase tinggi yaitu ikan mas dan mackerel. Enzim tersebut aktif selama penyimpanan, tetapi dapat dinaktifkan melalui pemanasan.

Ikan hanya mengandung vitamin B₂ (riboflavin) dalam jumlah kecil, terutama terdapat pada bagian otot yang gelap, telur dan hati. Ikan memiliki kadar niasin (vitamin B₃) yang tinggi, namun ikan dengan kadar lemak rendah mengandung lebih sedikit niasin daripada ikan berlemak seperti mackerel, salmon dan tuna. Hati dan telur ikan mengandung lebih banyak niasin dibanding bagian lainnya. Ikan hanya memiliki vitamin B₅ (asam pantotenat) dalam jumlah kecil, kecuali ikan salmon, dimana jumlah tertinggi terdapat pada bagian ovarium, dan terendah pada daging ikan.

Tabel 3.6 Nilai gizi beberapa jenis ikan (dalam 100 g bagian yang dapat dimakan)

Komposisi	Turbot	Cod	Herring	Mackerel	Salmon	Mullet	Swordfish	Haddock	Tuna	Ikan mas
Air (%)	77	81,2	71,5	63,6	76,4	77	75,6	78	71	67
Energi (kkal)	95	82	195	205	196	117	121	87	108	127
Protein (%)	16	17,8	16,4	18,6	19,9	19	19,8	19	23,4	18
Lemak (g)	3	0,7	13,9	13,9	3,5	3,8	4	0,7	1	6
Kalsium (mg)	18	16	57	12	12	41	4	33	16	41
Fosfor (mg)	129	203	236	217	200	221	263	188	191	415
Zat besi (mg)	-	0,4	1,1	1,6	0,8	-	0,8	1,1	0,7	-
Kalium (mg)	238	413	327	314	490	357	288	311	444	333
Natrium (mg)	150	54	90	90	44	65	90	68	37	49
Selenium (mg)	0,036	0,033	0,036	0,044	0,037	0,036	0,048	0,03	0,036	0,037
Iodin (mg)	0,18	0,187	0,041	0,109	0,045	-	-	0,186	-	-
Vitamin A (µg)	12	11	38	214	41	47	36	17	464	44
Vitamin D (µg)	0,002	0,0015	0,027	0,013	0,03	0,003	0,002	0,001	0,005	0,5
Vitamin E (mg)	0,6	1,1	1,8	1,55	4	1	1	0,5	1,2	0,5
Thiamin (vit B1) (mg)	0,05	0,08	0,06	0,18	0,2	0,065	0,04	0,07	0,43	0,11
Riboflavin (vit B2) (mg)	0,15	0,07	0,3	0,31	0,135	0,15	0,1	0,17	0,05	0,08
Niasin (vit B3) (mg)	6,1	2,06	4,5	9,08	8,2	4,03	9,68	4	9,8	3
Asam pantotenat (vit B5) (mg)	1	0,25	1	1	2	0,3	0,41	0,3	0,74	0,59
Pyridoxin (vit B6) (mg)	0,3	0,23	0,5	0,8	0,98	0,4	0,33	0,5	0,61	0,16
Asam askorbat (mg)	-	1	0,67	0,4	-	0,6	1,1	2	1	1,1
Asam lemak tidak jenuh (g)	0,88	0,184	2,3	4,6	2,3	0,325	0,639	0,185	2,1	0,352
Kolesterol (g)	0,039	0,039	0,031	0,033	0,026	0,049	0,039	0,036	0,038	0,066

Sumber: Charley dan Weaver (1998); Oehlenschläger dan Rehbein (2009)

Ikan merupakan sumber vitamin B₆ (pyridoxin), yang lebih banyak terdapat pada hati ikan, terutama ikan mackerel, herring, tuna, sardine dan salmon. Sebanyak 200 g fillet ikan dapat memenuhi 30-60% kebutuhan vitamin B₆ tiap harinya. Ikan mengandung asam folat dalam jumlah kecil, dan tidak banyak memberikan kontribusi terhadap kebutuhan manusia dibandingkan pangan nabati. Organ ikan seperti hati dan ginjal mengandung lebih banyak asam folat dibandingkan bagian daging.

Vitamin yang larut lemak (A, D, E, K) terdapat pada ikan sesuai kadar lemak ikannya. Ikan dengan kadar lemak tinggi memiliki kadar vitamin A, D, E dan K lebih tinggi dibandingkan ikan berkadar lemak rendah. Ikan juga mengandung sejumlah mineral, di antaranya selenium dan iodin, yang merupakan mineral esensial terutama ikan air laut. Kadar iodin pada ikan air laut berada pada kisaran 50-800 µg/100 g, yang terutama terdapat pada bagian kulit. Ikan air tawar hanya mengandung iodin dalam jumlah rendah, rata-rata 5 µg/100 g. Kadar selenium pada ikan air laut rata-rata 0,35-0,6 mg/kg.

Tabel 3.7 Nilai gizi *seafood* (dalam 100 g bagian yang dapat dimakan)

Komposisi	American oyster	Pacific oyster	Gurita	Tiram	American lobster	King crab	Snow crab	Blue crab
Air (%)	85	82	80	81	77	80	81	79
Energi (kkal)	68	81	82	86	90	84	90	87
Protein (%)	7	9,5	15	12	19	18	19	18
Lemak (g)	2	2	1	2	1	0,6	1	1
Kalsium (mg)	45	8	53	26	48	46	26	89
Fosfor (mg)	135	162	186	197	144	219	133	229
Zat besi (mg)	6,7	5	5,3	4	0,3	0,6	2,5	0,7
Kalium (mg)	156	168	350	320	275	204	173	329
Natrium (mg)	211	106	230	286	296	836	539	293
Selenium (mg)	64	77	45	45	41	36	35	37
Iodin (mg)	-	-	25	99	-	-	-	-
Magnesium (mg)	47	22	30	34	27	49	49	34
Asam lemak tidak jenuh (g)	0,56	0,688	0,157	0,441	0,15	0,13	0,372	0,32
Kolesterol (g)	0,053	0,05	0,048	0,028	0,095	0,042	0,055	0,078

Sumber: Oehlenschläger dan Rehbein (2009)

3.10.2 Perubahan *Post Mortem*

Ikan dan *seafood* memiliki kadar air yang tinggi, yaitu 68-84%. Kadar air yang tinggi tersebut memicu cepatnya terjadi kerusakan jika tidak ditangani dan diolah dengan baik. Kunci keamanan pangan produk berbasis ikan adalah adanya kontaminasi bakteri pathogen dan virus serta keberadaan senyawa seperti histamin dan biotoksin.

Ikan dan *seafood* merupakan produk yang mudah rusak tanpa proses pendinginan. Setelah kematian ikan, terjadi perubahan biokimia yang mempengaruhi mutu dan umur simpan ikan. Reaksi tersebut tergantung jenis ikan, kondisi fisiologi dan lingkungan (suhu dan kadar garam). Metode penangkapan dan pemanenan, serta prosedur penyembelihan juga berperan besar dalam reaksi biokimia yang berkaitan dengan kelunakan daging ikan, misalnya pada ikan tuna, ada yang disebut *tuna burn* yaitu daging ikan tuna yang berwarna pucat dan lunak.

Selama proses penangkapan, konsentrasi ion ammonia pada fillet meningkat dan glikogen menurun. Pada saat ikan telah mati, peristiwa glikolisis berlanjut secara anaerob, mengakibatkan peningkatan konsentrasi L-laktat seiring dengan menurunnya pH. Konsentrasi kreatin fosfat dan ATP menurun, dan fase *rigor-mortis* dimulai pada saat konsentrasi ATP tidak lagi cukup sehingga tidak ada lagi ikatan antara filamen miosin dan aktin pada miofibril.

Setelah proses penangkapan, khususnya ikan air laut, ikan biasanya langsung dibekukan, sehingga sebagian besar reaksi enzimatik terhenti, tergantung kepada suhu pembekuan. Namun selama proses thawing, penyimpanan dingin atau pengolahan ikan, terjadi proses glikolisis, proteolisis, lipolisis dan reaksi enzimatik lain yang dapat mengakibatkan penurunan mutu. Contoh pengaruh proses rigor selama *thawing* adalah penurunan kapasitas pengikatan air dan kerusakan tekstur (Oehlenschläger dan Rehbein, 2009).

Saat mulai dan lamanya proses *rigor-mortis* antar spesies ikan bervariasi. *Rigor mortis* dapat berlangsung selama beberapa hari sampai ikan menjadi lunak karena aktivitas protease endogen, dan setelah itu teksturnya sama

seperti sebelum terjadinya rigor. Beberapa enzim dan inhibitor proteolitik yang berperan dalam degradasi struktur protein ikan adalah katepsin, proteinase, proteosome, calpains, aminopeptidase, kolagenase dan elastase.

Enzim yang terikat dalam sel atau berlokasi dalam membran sel secara perlahan-lahan akan lepas selama penyimpanan dengan adanya pelelehan es atau meningkatnya suhu refrigerasi. Lisosom pada otot ikan mengandung lebih banyak enzim hidrolitik, selain katepsin, yang dapat mempengaruhi perubahan metabolit pada ikan segar. Proses tersebut melibatkan enzim di mitokondria yang memecah ATP dan meningkatkan ion kalsium (Ca^{2+}) dalam sarkoplasma. Adanya kerusakan bagian dalam sel selama pembekuan dan *thawing* digunakan untuk membedakan ikan segar dan ikan yang telah mengalami *thawing*,

Penyimpanan ikan fase rigor pada suhu tinggi (sebagai contoh untuk ikan *cod* pada suhu 17°C) mengakibatkan pemotongan pada otot ikan, jaringan penghubung terdenaturasi. Sebagian dan jaringan antara *myocommata* dan serabut otot menjadi hilang. Hal tersebut mengakibatkan terjadinya *gap*, yang dicirikan dengan adanya celah dan pecahan pada fillet ikan.

Pada jaringan ikan laut yang steril, mutu ikan yang disimpan dalam es yang mengalami pelelehan yang dipengaruhi reaksi autolisis. ATP terdegradasi dalam beberapa tahap menjadi *hyoxanthine* dan ribosa atau ribose fosfat, dimana pembentukan *hypoxanthin* dapat digunakan sebagai indikator kesegaran ikan.

Ikan gadoid (bertulang) seperti *cod*, *hake*, atau *Alaska pollack* mengandung enzim *trimethylamine oxide demethylase* (TMAOase), yang mempercepat pemotongan *trimethylamine oxide* (TMAO) menjadi *dimethylamine* (DMA) dan formaldehida. Ikan gadoid menghasilkan DMA dan formaldehida selama pengolahan (misalnya pada proses pemotongan), atau pada hari-hari pertama penyimpanan pada es yang mencair. Aktivitas enzim TMAOase dihambat oleh oksigen, yang berhenti setelah beberapa hari.

Sepuluh hari setelah penangkapan ikan, terjadi penurunan TMAO menjadi *trimetilamin* (TMA), dimana proses tersebut mendominasi selama penyimpanan ikan, yang mengakibatkan terjadinya perubahan flavor pada

ikan laut. TMA dan amonia merupakan komponen utama *total volatile basic nitrogen* (TVBN) pada ikan yang disimpan dingin dan peningkatan nilainya berhubungan dengan kerusakan ikan. Ikan yang memiliki TVBN diatas nilai tertentu tidak layak dikonsumsi manusia, dan hal ini dapat dievaluasi secara sensori (Oehlenschläger dan Rehbein, 2009). Komponen utama pada TVBN adalah amonia, yang terjadi selama penyimpanan 1-2 minggu, tergantung kepada spesies dan kondisi penyimpanan.

Pada saat penangkapan ikan, jaringan otot pada ikan bebas dari bakteri, tetapi tidak demikian dengan insang, kulit dan usus. Bakteri masuk ke dalam tubuh melalui sirip dan rongga tubuh selama penyimpanan dan pengolahan, sehingga mengakibatkan perubahan komposisi bakteri dalam tubuh ikan. Bakteri Gram negatif psikotropik (*Shewanella* sp., *Pseudomonas* sp., *Vibrio* sp. dan *Aeromonas* sp) merupakan bakteri pembusuk pada ikan.

Bakteri tersebut juga mengakibatkan pembentukan amino biogenik dari asam amino melalui proses dekarboksilasi yang mengakibatkan kerusakan pada ikan. Beberapa senyawa amino biogenik tersebut adalah histamin yang dihasilkan dari histidin, cadaverin dari lisin, putrescine dari ornithin, triptemin dari triptofan, tiramin dari tirosin dan agmatin dari arginin. Ikan yang memiliki daging gelap, seperti kelompok *scromboid* (misalnya tuna, *mackerel*) atau *clupeids* (contohnya ikan teri) yang memiliki kadar histidine tinggi, yang membentuk histidin apabila disimpan pada suhu lebih tinggi.

Lemak pada ikan tidak stabil selama penyimpanan pada suhu berapapun. Oksidasi lemak dan lipolisis dapat terjadi pada ikan yang didinginkan atau dibekukan sehingga terbentuk komponen karbonil dan asam karbonat rantai pendek yang mengakibatkan pembentukan flavor dan rasa tidak diinginkan. Perubahan tekstur juga dapat terjadi karena pengikatan asam lemak bebas dengan protein pada otot ikan. Kecepatan dan intensitas lipolisis dan oksidasi asam lemak tak jenuh pada ikan berdaging gelap lebih tinggi dibandingkan ikan berdaging putih. Selama penyimpanan beku, degradasi lemak karena lipolysis (lipase, fosfolipase) tetap berlangsung pada kecepatan rendah, sehingga konsentrasi asam lemak bebas semakin meningkat, yang digunakan sebagai indikator mutu ikan.

3.11 Rumput Laut

Rumput laut atau *seaweed*, juga dikenal sebagai *marine algae*. Dengan perairan di Indonesia seluas 5,8 juta km², potensi rumput laut di Indonesia sangat melimpah yaitu 8,6% dari yang ada di seluruh dunia. Di seluruh dunia ada 8.642 spesies rumput laut, dan 555 jenis di antaranya ada di Indonesia (Suparmi dan Sahri, 2009).

3.11.1 Sifat dan Klasifikasi Rumput Laut

Rumput laut tergolong dalam makroalga, pada umumnya berada di dasar perairan dangkal yang masih terkena sinar matahari. Pertumbuhan rumput laut dipengaruhi kadar garam (salinitas), pH, arus, pasang surut, substrat dan sumber nutrisi (McHugh, 2003).

Rumput laut termasuk kelompok tumbuhan yang tidak bisa dibedakan antara bagian batang, akar, dan daun. Seluruh bagian tumbuhan disebut *thallus*, sehingga rumput laut tergolong tumbuhan tingkat rendah dan termasuk divisi Thallophyta (McHugh, 2003). Bentuk *thallus* rumput laut bermacam-macam, ada yang bulat seperti tabung, pipih dan seperti rambut. *Thallus* dapat tersusun oleh satu sel (uniseluler), tetapi sebagian besar tersusun atas beberapa sel (multiseluler). *Thallus* ada yang bersifat lunak seperti gelatin, lunak seperti tulang rawan, keras karena adanya zat kapur, berpori serta berserabut.

Rumput laut dapat dikelompokkan berdasarkan warnanya, yaitu rumput laut cokelat (*Phaeophyta*), rumput laut merah (*Rhodophyta*), dan hijau (*Chlorophyta*). Menurut (Simpson, 2006), selain ketiga jenis tersebut, ada tambahan rumput laut pirang (*Chrysophyta*).

Rumput laut cokelat berukuran besar, dari yang panjangnya 20 m, ada yang berbentuk seperti kulit dengan panjang 2-4 m, dan ada juga yang kecil dengan ukuran 30-60 cm. Pigmen pada rumput laut cokelat terdiri dari klorofil a, klorofil c dan karotenoid (*fukoxantin*, *violaxantin* dan *zeaxantin*), dengan zat penyusun dinding sel berupa alginat. Rumput laut cokelat ini hanya dapat dibudidayakan di air laut. Beberapa genus yang termasuk rumput laut cokelat adalah *Sargassum*, *Laminaria*, *Himanthalia*/ *Bifurcaria*, *Saccharina*, *Undaria*, *Fucus* dan *Ascophyllum*.

Rumput laut merah memiliki ukuran lebih kecil daripada rumput laut cokelat, pada umumnya dari beberapa sentimeter sampai satu meter. Zat penyusun dinding sel pada rumput laut merah berupa kalsium karbonat, selulosa dan produk fotosintetik berupa agar, karagenan, porpiran dan *fulcellaran*. Rumput laut merah tidak selalu berwarna merah, tetapi ada yang berwarna ungu dan merah kecokelatan. Klorofil a, klorofil b dan pikobiliprotein (pikosianin dan pikoeritrin) merupakan pigmen pada rumput laut merah. Sebagian besar budidaya rumput laut cokelat ini ada di laut, dan hanya sedikit yang dapat dibudidayakan di air tawar. Beberapa genus yang termasuk rumput laut merah adalah *Gracilaria*, *Rhodomenia*, dan *Grateloupia*.

Rumput laut hijau memiliki ukuran kecil, hampir sama dengan rumput laut merah. Rumput laut hijau memiliki pigmen klorofil a, klorofil b dan karotenoid berupa *siponaxantin*, *siponein*, *lutein*, *violaxantin*, dan *zeaxantin*. Rumput laut hijau ini dapat dibudidayakan di air laut dan air tawar. Rumput laut hijau memiliki zat penyusun dinding sel berupa selulosa. Contoh rumput laut hijau adalah spesies *Ulva* yang biasanya dikenal sebagai *sea lettuce* (selada laut) dan *Monostroma* yang dikenal sebagai *slender sea lettuce* (Barry, 2008).

Chrysophyta (rumput laut pirang) memiliki pigmen berupa karoten dan xanthofil, dengan penyusun dinding sel berupa silikon. *Chrysophyta* dapat dibudidayakan di laut atau air tawar.

3.11.2 Komposisi Kimia Rumput Laut

Selain air sebagai penyusun utama pada rumput laut, kandungan utama rumput laut adalah polisakarida (**Tabel 3.8**). Polisakarida pada rumput laut berbeda-beda, tergantung jenisnya, misalnya pada rumput laut merah ada karagenan dan agar, sedangkan pada rumput laut cokelat ada alginat (McHugh, 2003). Sebagian besar polisakarida tersebut berfungsi sebagai serat yang tidak dapat dicerna. Kadar serat pada rumput laut sebesar 30-40%, yang didominasi oleh serat larut air. Kadar serat larut pada rumput laut lebih tinggi daripada tumbuhan daratan yang hanya 15%. Serat pada rumput laut terdiri dari selulosa, mannan, xylan dan lignin.

Kadar protein rumput laut bervariasi, tergantung jenisnya. Kadar protein paling besar terdapat pada beberapa jenis rumput laut merah, yaitu *Palmaria palmate* dan *Porphyra tenera* yang mencapai 35-47%. Beberapa jenis rumput laut merah dan hijau memiliki kadar protein 10-30%. Rumput laut cokelat memiliki kadar protein lebih kecil dibanding yang lainnya, yaitu 5-15%. Menurut (Smith *et al.*, 2010), beberapa jenis rumput laut cokelat yang memiliki kadar protein rendah yaitu *Hormosira banksii* (6,1%), *Himanthalia* (5,5%), *Durvillaea antarctica* (7,3%) dan *Laminaria* (7,5%).

Rumput laut mengandung lemak dalam jumlah kecil, hanya 1-5%, dan didominasi asam lemak tak jenuh yang baik bagi kesehatan, yaitu asam lemak omega-3 dan omega-6. Asam lemak omega-3 banyak terdapat pada rumput laut hijau, sedangkan asam arakodinat dan asam eikosapentanoat banyak terdapat pada rumput laut merah dan cokelat. Pada rumput laut *Undaria* sp dan *Ulva* spp juga terdapat asam lemak berupa asam stearidonik dan asam heksadecatetraenoik sejumlah 40%.

Rumput laut mengandung mineral hingga 36%, dengan mineral utamanya adalah iodin dan kalsium. Jenis rumput laut yang kaya iodin adalah *Laminaria* sp, dengan kadar mencapai 8165 ppm dan *Ecklonia radiata* (3990 ppm) (Smith *et al.*, 2010). Kalsium pada rumput laut mencapai 7%, dan khusus rumput laut yang mengandung kapur seperti rumput laut merah, kadar kalsium hingga mencapai 25-34%. Salah satu rumput laut yang mengandung kalsium dan magnesium dalam jumlah tinggi adalah 460,11 mg/l dan 581,2 mg/l pada *Kappaphycus alvarezii*. Kadar zat besi dalam rumput laut juga bervariasi, dari yang rendah pada *Durvillaea antarctica* (13,7 ppm) sampai yang tinggi pada *Ulva stenophylla* (1227 ppm). Zat besi pada rumput laut memiliki bioavailabilitas yang baik di dalam tubuh. Mineral esensial lain yang terdapat pada rumput laut adalah selenium dan seng sejumlah 0,04-0,2 mg dan 9,9-61 mg.

Tabel 3.8 Komposisi kimia beberapa jenis rumput laut

Komponen	Durvillaea antarctica	Undaria pinnatifida	Ecklonia radiata	Hormosira banksii	Ulva stenophylla	Porphyra spp.	Ecklonia	Macrocystis
Protein (g)	7,3	19,7	9,6	6,1	20,4	32,7	9,8	11,0
Karbohidrat (g)	58,8	50,4	66,9	62,9	55,6	45,4	69,6	44,5
Lemak (g)	2,0	3,3	1,8	2,6	1,2	2	0,8	1,6
Mineral (g)	22,1	26,6	22,1	28,4	22,7	19,8	20,6	42,9
Zat besi (mg)	13,7	133	284	234	1227	569	42,5	267,3
Kalsium (g)	14,1	12,8	11	15,3	12,9	8,5	11,6	37,9
Natrium (g)	52,9	36,1	30,8	56,7	1,9	1,7	31,9	41,2
Kalium (g)	51,6	71,2	58,9	42,9	7,9	21,7	65,9	118
Klorida (mg)	41,9	8.918	6.337	7.727	672	23,6	7313	14.064
Seng (mg)	9,9	22,9	20,7	12,7	61	35,2	26,6	18,9
Iodin (mg)	291	17,1	3.990	1.041	27	64	3.719	2.115,8
Selenium (mg)	0,04	0,07	0,07	0,15	0,17	0,16	0,2	0,01
Seng (mg)	9,9	22,9	20,7	12,7	61	35,2	26,6	18,9

Sumber: Smith *et al.*, 2010

Rumput laut juga merupakan sumber vitamin B. Pada rumput laut hijau dan cokelat, kadar vitamin C dapat mencapai 500-3000 mg/kg dan rumput laut merah 100-800 mg/kg. Rumput laut cokelat *Fucuceae*, *Ascophyllum* dan *Fucus* sp. mengandung vitamin E berupa α , β dan γ -tokoferol dalam jumlah tinggi yaitu 200-600 mg/kg.

Rumput laut hijau dan merah mengandung vitamin E dalam bentuk α -tokoferol, yang jumlahnya lebih sedikit daripada rumput laut cokelat. Rumput laut juga mengandung senyawa polifenol. Pada tanaman darat, polifenol berasal dari asam galat, sedangkan pada rumput laut berasal dari floroglusinol (*1,3,5-trihydroxybenzine*). Rumput laut cokelat memiliki florotanin tertinggi, yaitu 5-15%.

3.11.3 Pemanfaatan Rumput Laut

menjadi alginat, agar dan karagenan. Masing-masing spesies dalam rumput laut memiliki kegunaan tersendiri, baik untuk konsumsi langsung maupun sebagai bahan baku industri.

Laminaria, *Undaria* dan *Hizikia* merupakan jenis rumput laut cokelat yang sering dikonsumsi. *Laminaria* banyak dikonsumsi di Jepang dan China, serta sedikit di Korea. *Undaria* paling banyak dikonsumsi di Korea, diikuti Jepang dan China. Rumput laut *Hizikia* lebih populer di Jepang dan Korea. *Laminaria japonica* merupakan bahan baku wakame yang banyak dihasilkan di Korea. *Undaria pinnatifida* banyak dihasilkan di Jepang dan China, merupakan bahan baku nori.

Jenis rumput laut merah yang banyak dikonsumsi adalah *Porphyra*, dengan olahannya yang terkenal adalah nori. *Porphyra* ini banyak dibudidayakan di Jepang dan Korea karena banyak digunakan disana. *Palmaria palmata* merupakan jenis rumput merah lain yang digunakan sebagai bahan pangan. *Palmaria palmata* ini tumbuh pada air dingin, dan banyak terdapat di Irlandia dan Kanada bagian timur.

Salah satu produk olahan rumput laut yang banyak digunakan di industri adalah hidrokoloid. Berdasarkan jenis hidrokoloid yang dihasilkan, rumput laut dikelompokkan menjadi tiga, yaitu alginofit, karaginoft dan agarofit. Alginofit merupakan kelompok rumput laut penghasil alginat. Alginat

merupakan komponen dinding sel rumput laut cokelat, selain pektin dan selulosa. Rumput laut cokelat dalam kelompok alginofit yang banyak tumbuh di Indonesia adalah *Sargassum*, *Turbinaria Padina* dan *Dictyota*. Selain itu ada rumput laut cokelat penghasil alginat yang tumbuh di perairan subtropics, yaitu *Macrocystis*, *Laminaria*, *Aschophyllum*, *Nerocystis*, *Ecklonia*, dan *Fucus*.

Rumput laut merah termasuk kelompok karaginofit dan agarofit. Karaginofit merupakan kelompok rumput laut penghasil karagenan. Ada tiga jenis karagenan yaitu kappa, iota dan lambda karagenan, yang masing-masing diperoleh dari jenis rumput laut merah yang berbeda. *Kappaphycus alvarezii* merupakan sumber kappa karagenan, *Euचेuma spinosum* merupakan sumber iota karagenan, sedangkan *Chondrus* sebagai sumber kappa dan lambda karagenan. Rumput laut merah penghasil agar (agarofit) meliputi *Gracilaria*, *Gelidium*, *Gelidiopsis*, dan *Hypnea*. *Gellidium* merupakan spesies yang menghasilkan agar yang memiliki kekuatan gel terbaik. Salah satu negara penghasil Gellidium adalah Indonesia, di samping Perancis, Korea dan Meksiko (McHugh, 2003).

Rumput laut digunakan dalam berbagai produk pangan, termasuk daging dan produk bakeri. Sebagai contoh adalah penggunaan *Ascophyllum nodosum* dalam sosis, *Porphyra umbilicalis*, *Undaria pinnatifida* dan *Himanthalia elongate* dalam frankfurter. Penggunaan lain rumput laut dalam bidang pangan adalah penambahan *Ascophyllum nodosum* pada *wholebread* untuk meningkatkan kadar seratnya (McHugh, 2003). Selain itu *Ascophyllum nodosum* juga ditambahkan dalam pizza dan produk beku dari daging. Beberapa penelitian penambahan rumput laut ke dalam pangan juga telah dilakukan, misalnya *Sargassum marginatum* dan *Undaria pinnatifida* ke dalam pasta.

3.12 Sayuran dan Buah-buahan

Buah dan sayur memiliki kesamaan komposisi, metode budidaya dan pemanenan, penyimpanan dan pengolahan. Secara botani, buah didefinisikan sebagai ovarium pada tanaman yang matang, yang mengandung biji. Buah memiliki karakteristik sensori yang baik dilihat dari warna yang menarik, aroma yang menarik, rasa manis, serta tekstur *crispy* dan *crunchy*. Sayuran didefinisikan sebagai bagian tanaman yang dapat dikonsumsi, baik berupa daun,

akar, umbi, bunga dan batang. Berdasarkan definisi tersebut, maka beberapa tanaman yang secara tradisional dikelompokkan ke dalam sayur, misalnya tomat dan labu, termasuk ke dalam kelompok sayur. **Tabel 3.9** memberikan contoh beberapa jenis sayur berdasarkan bagian tanaman asalnya.

Tabel 3.9 Contoh sayuran berdasarkan bagian tanaman asalnya

Bagian Tanaman	Contoh
Akar	Wortel, lobak, bit
Batang	Asparagus, bambu muda, daun bawang, kangkung
Daun	Kol, bayam, kangkung, kubis, selada, sawi
Bunga	Bunga kol, brokoli
Buah	Tomat, waluh, cabe, terung, buncis, gambas, paria

Sumber: Hariyadi dan Aini (2015)

3.12.1 Komposisi Buah dan Sayur

Komposisi buah dan sayur bervariasi tergantung spesies, umur, tingkat kematangan dan kondisi lingkungan. Komponen utama pada buah dan sayur adalah air, yang jumlahnya 70-90%, seperti terlihat pada **Tabel 3.10**. Air mengandung beberapa komponen larut air seperti gula, garam, asam organik, pigmen dan vitamin larut air. Pada buah dan sayur, air berperan menjaga tekanan turgor. Kehilangan tekanan turgor pada sel-sel buah sayur mengakibatkan buah dan sayur menurun kesegarannya dan menjadi lembek. Berkaitan dengan hal tersebut, proses pemanenan seharusnya dilakukan saat kadar air produk tinggi, buah dan sayur dalam kondisi segar dan mutu paling baik (Hariyadi dan Aini, 2015). Setelah panen, terjadi penguapan air sehingga kadar air buah dan sayur menurun, yang mengakibatkan menurunnya kesegaran. Kesegaran buah dan sayur dapat dipertahankan dengan mencegah penguapan air melalui pengaturan kelembaban tempat penyimpanan, pelilinan dan pengemasan.

Buah dan sayur mengandung protein dalam jumlah kecil. Kadar protein pada buah lebih kecil dari 1%, sedangkan pada sayuran umumnya kurang dari 3%. Pada buah-buahan, kandungan protein ini lebih kecil dari 1% (berat basah).

Lemak juga terdapat dalam buah dan sayur dalam jumlah kecil, kecuali alpukat (15,3%) dan buah zaitun (30%) seperti terlihat pada **Tabel 3.10**. Pada buah dan sayur, lipid dapat dibedakan atas dua macam, yaitu lipid sebagai cadangan energi dan komponen membran sel.

Karbohidrat merupakan komponen utama pada buah dan sayur selain air. Kadar karbohidrat pada buah dan sayur sangat bervariasi, mulai dari 2-24% (**Tabel 3.10**). Karbohidrat pada buah dan sayur terdiri dari gula dan pati, selulosa, hemiselulosa dan substansi pektik. Pati merupakan jenis karbohidrat yang terdapat pada sayur dan buah dalam kondisi *immature*, misalnya apel.

Pada buah, karbohidrat didominasi oleh gula sederhana (sukrosa, glukosa dan fruktosa), yang biasanya meningkat selama proses pematangan. Selain itu juga terdapat xylosa, arabinosa, manosa, galaktosa dan maltosa dalam jumlah kecil. Buah-buahan dari negara tropis dan subtropis memiliki kadar gula lebih tinggi (lebih dari 10%) dibandingkan buah dari negara berhawa dingin (kurang dari 10%), kecuali anggur, yang memiliki kadar gula lebih dari 10% (Hariyadi dan Aini, 2015).

Selulosa merupakan salah satu penyusun dinding sel buah dan sayur, yang menentukan tekstur buah dan sayur. Tekstur ditentukan oleh derajat kristalinitas selulosa, dimana semakin tinggi derajat kristalinitas selulosa, tekstur buah dan sayur semakin keras. Hemiselulosa merupakan polisakarida penyusun dinding sel buah dan sayur yang merupakan polimer β -(1-4) D-xilopiranosil. Susunan rantai utama hemiselulosa mirip dengan selulosa. Lignin merupakan komponen penyusun dinding sel yang merupakan polimer kompleks senyawa aromatik. Lignin bukan termasuk karbohidrat, namun sering berasosiasi dengan karbohidrat, karena biasanya terikat secara kovalen dengan hemiselulosa.

Senyawa pektat merupakan salah satu polisakarida yang berada dalam jumlah 1/3 dari padatan pada dinding sel. Senyawa pektat merupakan polimer asam α -D-galakturonat dan atau metil ester melalui ikatan α -(1,4) glikosida. Senyawa pektat dibedakan berdasarkan kadar metil esternya, yang terutama menentukan tekstur buah. Pada buah/sayuran yang belum mature, senyawa pektat berada dalam bentuk protopektin, yang memiliki derajat esterifikasi

(DE) tinggi. Senyawa protopektin ini mengakibatkan tekstur buah dan sayur yang masih mentah bersifat keras. Pada buah yang mature (matang) terdapat asam pektinat, yang memiliki DE lebih rendah daripada protopektin. Pada buah yang *overripe*, senyawa pektat berada dalam bentuk asam pektat yang hanya terdiri dari asam galakturonat, tanpa metil ester, sehingga memiliki DE 0 (nol).

Sayur memiliki kadar mineral lebih tinggi dibandingkan buah. Sayur berbentuk daun berwarna hijau, misalnya bayam, merupakan sumber zat besi yang baik. Kadar kalsium dan fosfor pada buah juga rata-rata lebih rendah dibandingkan pada sayur, seperti terlihat pada **Tabel 3.10**.

Kebanyakan buah dan sayur merupakan sumber vitamin C yang baik. Buah berwarna kuning seperti blewah, labu kuning dan apricot merupakan sumber vitamin A yang baik, sedangkan pada sayuran adalah bayam. Kadar vitamin pada buah dan sayur sangat bervariasi, yang tidak hanya tergantung jenis, tetapi juga faktor budidaya dan pasca panen. Salah satu faktor yang mempengaruhi adalah semakin tinggi intensitas cahaya, maka kadar vitamin C semakin tinggi. Oleh karena itu, buah dan sayur dari daerah subtropis biasanya memiliki kadar vitamin C lebih rendah dibandingkan buah-buah tropis. Vitamin lain yang terdapat pada buah dan sayur adalah asam folat, yang terdapat pada bayam dan jeruk (Charley dan Weaver, 1998).

Pada buah, asam organik bersama dengan gula berperan terhadap cita rasanya. Pada umumnya asam organik pada buah berupa asam sitrat, yang dominan pada jeruk, tomat dan nanas. Asam malat merupakan asam utama pada apel dan *peach*, sedangkan pada anggur berupa asam malat dan tartarat (Charley dan Weaver, 1998). Buah memiliki kadar asam yang tinggi sehingga memiliki pH rendah (rata-rata kurang dari 4), kecuali pisang (pH 4,6) dan semangka (pH mendekati 6).

Tabel 3.10 Komposisi beberapa jenis buah dan sayur (dalam 100 g bagian yang dapat dimakan)

Buah	Air (%)	Energi (kcal)	Protein (g)	Lemak (g)	Karbohidrat (g)	Kalsium (mg)	Fosfor (mg)	Zat besi (mg)	Vitamin A (IU)	Thiamin (mg)	Riboflavin (mg)	Niasin (mg)	Vitamin C (mg)	Serat kasar (mg)	Serat pangan (mg)
Alpukat	74,3	161	2,0	15,3	7,4	11	41	1,0	612	0,11	0,12	0,97	7,9	2,1	-
Apel	83,9	59	0,2	0,3	15,3	7	7	0,2	53	0,02	0,01	0,08	5,7	0,8	2,2
Aprikot	86,4	48	1,4	0,4	15,3	14	19	0,5	2.612	0,03	0,04	0,6	10,0	0,6	-
Blewah	89,8	35	0,9	0,3	8,4	11	17	0,2	3.224	0,04	0,02	0,57	42,2	0,4	0,8
Grapefruit	86,8	32	0,6	0,1	8,2	15	7	0,1	10	0,04	0,02	0,27	37,0	0,2	0,6
Jeruk	86,8	47	0,9	0,1	11,8	40	14	0,1	205	0,09	0,04	0,28	53,2	0,4	2,4
Kiwi	83,1	61	1,0	0,4	14,9	26	40	0,4	175	0,02	0,05	0,50	98,0	1,1	3,4
Lemon	89,0	29	1,1	0,3	9,3	26	16	0,6	29	0,04	0,02	0,10	53,0	0,4	-
Nanas	86,5	49	0,4	0,4	12,4	7	7	0,3	23	0,09	0,04	0,42	15,4	0,5	1,2
Peach	87,7	43	0,7	0,1	11,1	5	12	0,1	535	0,02	0,04	0,99	6,6	0,6	1,6
Pir	83,8	59	0,4	0,4	15,1	11	11	0,3	20	0,02	0,04	0,10	4,0	1,4	2,6
Pisang	74,3	92	1,0	0,5	23,4	6	20	0,3	81	0,05	0,10	0,54	9,1	0,5	1,6
Semangka	91,5	22	0,6	0,4	7,2	8	9	0,2	366	0,08	0,02	0,20	9,6	0,3	0,4
Strawberry	91,6	30	0,6	0,4	7,0	14	19	0,4	27	0,02	0,07	0,23	56,7	0,5	2,6
Bayam	91,6	22	2,9	4,4	3,5	99	49	2,7	6.715	0,08	0,19	0,72	28,1	0,9	2,6
Bit	87,3	44	1,5	0,1	10,0	16	48	0,9	20	0,05	0,02	0,40	11,0	0,8	-
Brokoli	90,7	28	3,0	0,4	5,2	48	66	0,9	1.542	0,07	0,12	0,64	93,2	1,1	2,8
Kembang kol	92,3	24	2,0	0,2	4,9	29	46	0,6	16	0,08	0,06	0,63	71,5	0,9	2,4
Kubis	92,5	24	1,2	0,2	5,3	47	23	0,6	126	0,05	0,03	0,30	47,3	0,8	-
Selada	95,9	13	1,0	0,2	2,1	19	20	0,5	330	0,05	0,03	0,19	3,9	0,5	1,0
Tomat	93,8	21	0,9	0,3	4,6	5	24	0,5	623	0,06	0,05	0,63	19,1	0,7	1,3
Wortel	87,8	43	1,0	0,2	10,1	27	44	0,5	28.129	0,10	0,06	0,93	9,3	1,0	3,2

Sumber: Charley dan Weaver (1998)

Sayur memiliki asam organik dalam jumlah lebih rendah daripada buah, sehingga pHnya lebih tinggi daripada buah. Asam organik pada sayur kebanyakan berupa asam asetat, asam sitrat dan asam suksinat. Sayur memiliki pH 5-5,6, dan pH terendah terdapat pada tomat (pH 4,6).

Buah dan sayur juga mengandung beragam pigmen yang berperan terhadap warna, terutama buah. Secara umum pigmen buah dan sayur dikelompokkan menjadi empat macam yaitu klorofil, flavonoid, karotenoid dan betalain. Selain itu juga terdapat senyawa quinon, leukoantosianin, tanin, xanthone dan phenalon.

Klorofil berperan dalam proses fotosintesa yang memberikan warna hijau pada buah dan sayur. Klorofil dan karotenoid berfungsi menyerap energi dari matahari dalam fotosintesa. Untuk mencegah terjadinya fotooksidasi, karotenoid berfungsi melindungi klorofil. Karotenoid merupakan pigmen yang bersifat larut lemak dan memberikan warna merah, kuning dan oranye pada buah dan sayur. Karotenoid sangat sensitif terhadap oksidasi, sehingga untuk mempertahankan warna dan nilai gizinya, harus dicegah terjadinya proses oksidasi.

Flavonoid merupakan senyawa polifenol yang memberikan warna biru, merah, oranye dan kuning pada berbagai tanaman, baik buah, bunga, daun dan batang. Contoh senyawa flavonoid adalah *myricetin* yang memberikan warna merah pada anggur dan kubis merah. Pigmen betalain memberikan warna merah, oranye, kuning dan ungu pada buah. Ada dua jenis betalain yaitu betaxanthin yang memberi warna kuning dan betacyanin memberi warna merah-ungu. Contoh buah yang ada pigmen betalain adalah buah bit (*Beta vulgaris*, L) berwarna merah-ungu.

3.12.2 Struktur Sel pada Buah dan Sayur

Buah dan sayuran tersusun dari empat jenis jaringan yang terdiri dari sel-sel. Empat jaringan yang menyusun buah dan sayur yaitu jaringan pelindung (epidermis), jaringan vaskuler, jaringan parenkim dan jaringan pendukung. Sesuai dengan namanya, jaringan pelindung atau jaringan epidermis berfungsi sebagai pelindung bagian dalam dari kerusakan fisik atau mekanik. Jaringan

epidermis berada di sekitar permukaan, membentuk lapisan pelindung yang melapisi organ tanaman, atau sering disebut kulit pada buah. Sel pada jaringan epidermis tersusun secara rapi satu sama lain dan tidak menyisakan ruang kosong antar sel. Bagian permukaan luar jaringan epidermis biasanya terdiri komponen pelindung, terutama kutin dan lilin, misalnya pada buah apel dan ketimun (Hariyadi dan Aini, 2015).

Jaringan vaskuler terdiri dari dua, yaitu jaringan phloem dan xilem. Jaringan xilem berbentuk seperti tabung karena terdiri dari sel yang bentuknya memanjang, serta berperan dalam system transportasi air. Jaringan phloem berperan dalam transportasi bahan organik antar sel.

Jaringan parenkim merupakan bagian yang dapat dimakan, yang merupakan jaringan utama pada buah dan sayur. Buah dan sayur memiliki perbedaan bentuk dan fisiologi, tergantung kondisi masing-masing. Berbeda dengan jaringan epidermis, antar sel jaringan parenkim banyak terdapat rongga udara (*intercellular air spaces*) sehingga susunan jaringannya tidak rapi. Pada proses pasca panen, rongga udara ini berperan dalam pengendalian mutunya. Rongga udara ini dapat mencapai 25% volumenya, misalnya pada varietas apel tertentu (Hariyadi dan Aini, 2015).

Jaringan parenkim memiliki dinding sel primer dan sekunder. Dinding sel terdiri dari senyawa karbohidrat kompleks berupa senyawa pektat, selulosa, hemiselulosa dan lignin. Tekstur buah dan sayur ditentukan oleh struktur sel pada jaringan parenkim. Dinding sel sekunder yang muda umumnya bersifat tipis, namun dapat menebal dan membentuk lignin selama proses penuaan sehingga teksturnya berubah menjadi keras.

Jaringan pendukung pada buah dan sayur terdiri dua macam, yaitu jaringan sklerenkim dan kollenkim. Dinding sel pada jaringan sklerenkim bersifat tebal dan merata serta telah mengalami lignifikasi. Dinding sel pada jaringan kollenkim memiliki ketebalan tidak merata dan bentuknya memanjang. Jaringan pendukung berperan terhadap struktur dan tekstur buah dan sayur secara keseluruhan (Rees dan Hammond, 2002).

3.12.3 Perubahan Fisiologi pada Buah dan Sayur

Secara fisiologi, perkembangan buah dan sayur dapat dibagi dalam tiga tahap yaitu pertumbuhan, pendewasaan (*maturation*), dan pelayuan (*senescence*) (Hariyadi dan Aini, 2015). Tahap pertumbuhan dicirikan dengan ukuran buah atau sayur yang semakin membesar. Tahap pendewasaan dimulai beberapa saat sebelum berhentinya proses pertumbuhan berhenti, yang dicirikan dengan terjadinya proses biokimia. Tahap pertumbuhan dan pendewasaan ini disebut proses perkembangan. Pada tahap pelayuan, proses biokimia berupa anabolisma (sintesis) mulai berkurang, dan mulai didominasi proses katabolisma (peruraian). Lambat laun terjadi proses penuaan serta kematian sel dan jaringan (Ree dan Hammond, 2002).

Pada buah, ada istilah pematangan (*ripening*), yang dimulai pada akhir proses pendewasaan dan awal proses pelayuan. Pada tahap pematangan, buah berada pada puncak mutunya, dimana terjadi perubahan fisiologi yang menentukan mutu buah. Perubahan yang terjadi meliputi komposisi kimia (gula, komponen pektin dan senyawa volatil). Perubahan komponen pektin yang akan mempengaruhi sifat organoleptiknya meliputi warna, tekstur, cita rasa dan aroma. Perubahan yang dapat diamati adalah berubahnya warna kulit dari hijau menjadi kuning, tekstur dari keras menjadi lunak, rasa buah dari asam menjadi manis, dan timbulnya aroma khas karena terbentuknya senyawa volatil (Hariyadi dan Aini, 2015).

Pematangan buah dibantu oleh enzim yang mengubah tekstur, warna dan rasa buah. Pada tahap awal, enzim ACC synthase mengubah S-adenosylmethionine (SAM) menjadi 1-aminocyclopropane carboxylic acid (ACC). Produksi ACC meningkat sampai tahap pematangan buah karena adanya aktivitas ACC synthase. Enzim ACC oxydase selanjutnya mengoksidasi ACC menjadi etilen. Adanya enzim ACC deaminasi mengakibatkan proses deaminasi ACC menjadi α -ketobutyrate sehingga pembentukan etilen dan pematangan buah menjadi terhambat (Rees dan Hammond, 2002).

Perubahan lain pada buah dan sayur selama pematangan adalah tekstur dari keras menjadi lunak. Perubahan tekstur selama pematangan disebabkan perubahan protopektin yang memiliki berat molekul tinggi

dan bersifat tidak larut air menjadi pektin yang larut air. Perubahan tekstur ini melibatkan enzim pektinesterase dan poligalakturonase. Enzim pektinesterase atau pektin metilesterase mempercepat hidrolisis metil ester menjadi asam pektat. Adanya enzim poligalakturonase menghidrolisis asam pektat. Ada dua macam poligalakturonase yaitu eksopoligalakturonase dan endopoligalakturonase. Endopoligalakturonase menghidrolisis ikatan β -(1-4) pada asam pektat menjadi asam pektat yang lebih pendek sehingga tekstur buah dan sayur menjadi lebih lunak. Eksopoligalakturonase menghidrolisis asam pektat dari luar menjadi asam galakturonat. Adanya hidrolisa enzim endopoligalakturonase dan eksopoligalakturonase ini meningkatkan pektin terlarut sehingga meningkatkan kelunakan tekstur buah maupun sayur (Rees dan Hammond, 2002).

Perubahan tekstur selama tahap pematangan juga dipengaruhi oleh konversi pati menjadi gula, yang dikatalisa tiga macam enzim yaitu β -amilase, α -amilase dan phosphorylase. Hidrolisa pati oleh enzim amilase menghasilkan maltose, yang selanjutnya dihidrolisis lanjut menjadi glukosa oleh enzim maltase (Paliyath dan Murr, 2008). Konversi pati menjadi gula mengakibatkan tekstur menjadi lunak, meningkatkan rasa manis dan membuat aroma lebih enak.

Konversi pati menjadi gula, hidrolisa pektin dan hemiselulosa mengakibatkan dinding sel menjadi lunak karena ikatan antar sel menjadi lemah. Hal ini dikehendaki karena mengakibatkan tekstur buah menjadi lunak sehingga dapat dikonsumsi. Namun, apabila proses terus berlangsung maka mengakibatkan tekstur menjadi terlalu lunak.

Selama proses pematangan juga terjadi perubahan warna pada buah, bersamaan dengan perubahan tekstur, dan terjadi setelah kenaikan respirasi klimakterik. Pada sayur, perubahan warna biasanya berhubungan dengan proses pelayuan, terutama pada sayuran daun, misalnya kubis dan selada. Pada buah, biasanya terjadi perubahan warna dari hijau menjadi kuning, jingga atau merah yang terjadi karena adanya sintesa antosianin dan degradasi klorofil.

Flavor buah mengalami peningkatan selama proses pematangan karena terbentuknya senyawa volatil. Selain itu menurunnya senyawa penyebab rasa pahit seperti tanin dan flavonoid serta menurunnya rasa asam juga mengakibatkan meningkatnya flavor buah. Peningkatan flavor buah juga disebabkan oleh peningkatan rasa manis karena hidrolisis polisakarida dan glukonesis selama proses pematangan buah (Paliyath dan Murr, 2008).

Setiap tanaman mengalami respirasi yang merupakan pemecahan karbohidrat menjadi gula, selanjutnya dioksidasi menjadi energi panas. Energi panas ini penting digunakan dalam penanganan pasca panen untuk menghitung kebutuhan ventilasi pada saat pengemasan dan keperluan pendinginan. Proses respirasi menghasilkan hasil samping berupa uap air dan karbondioksida. Apabila kecepatan respirasi semakin tinggi maka pemecahan senyawa tersebut semakin besar sehingga terjadi penurunan mutu buah dan sayur. Penguapan air mengakibatkan buah dan sayur menjadi layu, sehingga mempengaruhi umur simpannya. Masing-masing buah dan sayur memiliki kecepatan respirasi berbeda, dan hal ini digunakan untuk penanganan pasca panen, sehingga umur simpannya dapat diperpanjang.

Berdasarkan kecepatan respirasinya, buah dapat dikelompokkan menjadi buah klimakterik dan non klimakterik. Buah klimakterik adalah buah yang setelah dipanen pada tahap mature, kecepatan respirasi dan produksi etilen meningkat. Contoh buah klimakterik adalah pisang, nangka, manga, alpukat dan papaya. Buah non-klimakterik merupakan buah yang tidak mengalami kenaikan kecepatan respirasi dan produksi etilen setelah dipanen. Jeruk, leci, lemon dan nanas merupakan contoh buah non klimakterik (Hariyadi dan Aini, 2015).

Aktivitas enzim piruvat dekanoksilase mengakibatkan meningkatnya etanol dan asetaldehida pada proses pematangan buah sehingga karbondioksida meningkat. Selain itu, adanya etilen yang dapat menembus mitokondria meningkatkan permeabilitas sel mitokondria. Peningkatan permeabilitas sel mengakibatkan terjadinya interaksi antara enzim pematangan dengan substrat buah. Selama proses pematangan terjadi beberapa perubahan pada buah dan sayur, yang masing-masing memiliki ciri khusus (Hariyadi dan Aini, 2015).

Pelayuan merupakan salah satu tahap pada tahap perkembangan buah dan sayur. Pada awal pelayuan, mitokondria masih utuh, namun pada tahap selanjutnya mitokondria mengalami kerusakan. Akibat rusaknya mitokondria maka kecepatan respirasi dan fotosintesis akan menurun, disamping menurunnya permeabilitas membran sel. Pelayuan berhubungan dengan beberapa hormon tanaman yaitu auksin, etilen, giberelin, sitokinin dan asam absisat. Hormon auksin akan menghambat terjadinya pelayuan sehingga apabila hormon auksin hilang dapat mengakibatkan pelayuan. Hormon giberelin menghambat pelayuan, namun tidak semua tanaman dapat dihambat pelayuannya dengan adanya hormon ini, misalnya apel. Hormon sitokinin berfungsi menghambat pelayuan, dan jumlah hormon sitokinin yang semakin banyak maka klorofil yang ada semakin banyak pula, sehingga sayur tetap segar.

3.13 Cokelat, Teh, Kopi

Cokelat, teh dan kopi merupakan bahan pangan hasil perkebunan yang pemanfaatannya sangat luas dalam proses pengolahan pangan. Masing-masing bahan memiliki karakteristik yang berbeda-beda yang banyak dipengaruhi banyak faktor.

3.13.1 Cokelat

Cokelat merupakan produk olahan dari biji tanaman kakao (*Theobroma cacao* L.). Kakao merupakan tanaman perkebunan/industri berupa pohon yang dikenal di Indonesia sejak tahun 1560, namun baru menjadi komoditas yang penting sejak tahun 1951. Negara utama penghasil kakao di dunia adalah Pantai Gading (31,6%), Ghana (18,2%), Indonesia (17,0%), Nigeria (8,0%), Kamerun (6,0%), dan Brasil (5,6%) (FAO, 2013).

Pusat penanaman budidaya kakao di Indonesia diusahakan oleh perusahaan perkebunan negara, swasta serta perkebunan rakyat. Lokasi perusahaan perkebunan skala besar yang diusahakan negara terletak di Sumatera Utara, Jawa Tengah dan Jawa Timur, sedangkan perkebunan rakyat terdapat terutama di Maluku, Irian Jaya, Sulawesi Utara, Sulawesi Selatan, Sulawesi Tenggara dan Nusa Tenggara Timur. Berdasarkan produksinya,

daerah penghasil kakao Indonesia adalah sebagai berikut: Sulawesi Selatan (28,26%), Sulawesi Tengah (21,04%), Sulawesi Tenggara (17,05%), Sumatera Utara (7,85%), Kalimantan Timur (3,84%), Lampung (3,23%) dan daerah lainnya (18,74%).

Varietas tanaman kakao ada tiga, yaitu Criollo, forastero, dan trinitario. Criollo, merupakan jenis tanaman kakao yang menghasilkan biji cokelat yang mutunya sangat baik dan dikenal sebagai cokelat mulia, *fine flavour cocoa*, *choiced cocoa*, dan *edel cocoa*. Buahnya berwarna merah atau hijau, kulit buahnya tipis berbintil kasar dan lunak. Biji buahnya berbentuk bulat telur dan berukuran besar dengan kotiledon berwarna putih pada waktu basah. Jumlahnya $\pm 7\%$, merupakan jenis edel yang dihasilkan di Ekuador, Venezuela, Trinidad, Grenada, Jamaika, Srilanka, Indonesia, dan Samoa (Minifie, 1980). Forastero merupakan jenis tanaman kakao yang menghasilkan biji cokelat yang mutunya sedang atau bulk cocoa, atau dikenal juga sebagai *ordinary cocoa*. Buahnya berwarna hijau dan kulitnya tebal. Biji buahnya tipis atau gepeng dan kotiledon berwarna ungu pada waktu basah. Jumlahnya $\pm 93\%$ dari produksi kakao dunia merupakan jenis *bulk* yang dihasilkan dari Afrika Barat, Brasil dan Dominika. Trinitario merupakan hibrida dari jenis Criollo dengan jenis Forastero secara alami, sehingga kakao jenis ini sangat heterogen. Kakao Trinitario menghasilkan biji yang termasuk *fine flavour cocoa* dan ada yang termasuk *bulk cocoa*. Buahnya berwarna hijau atau merah dan bentuknya bermacam-macam. Biji buahnya juga bermacam-macam dengan kotiledon berwarna ungu muda sampai ungu tua pada waktu basah.

Biji kakao didefinisikan sebagai biji yang dihasilkan oleh tanaman kakao, yang telah difermentasi, dibersihkan dan dikeringkan. Biji kakao yang diekspor diklasifikasikan berdasarkan jenis tanaman, jenis mutu, dan ukuran berat biji. Atas dasar jenis tanaman, biji kakao dibedakan menjadi dua, yaitu jenis kakao mulia (*fine cocoa*) dan jenis kakao lindak (*bulk cocoa*). Standar mutu biji kakao Indonesia diatur dalam SNI 01-2323-2008 (**Tabel 3.11** dan **3.12**).

Tabel 3.11 Mutu biji kakao berdasarkan ukurna biji SNI 01–2323–2008

Kelas Mutu	Ukuran Jumlah biji/100 gram
AA	maks. 85
A	maks. 100
B	maks. 110
C	maks. 120
S	> 120

Tabel 3.12 Persyaratan umum biji kakao adalah sebagai berikut
(SNI 01–2323–2008)

No	Jenis Uji	Satuan	Persyaratan
1	Serangga Hidup		tidak ada
2	Serangga mati		tidak ada
3	Kadar Air	%	Maks 7.5
4	Biji Berbau asap dan atau abnormal dan atau berbau		tidak ada
5	kadar biji pecah dan atau Pecahan kulit	%	maks. 3
6	Kadar benda benda asing	%	tidak ada

Dalam proses pengolahan cokelat, biji kakao kering yang telah difermentasi perlu dipanggang atau disangrai (*roasting*) pada suhu 110-120°C selama 20-30 menit untuk mengeluarkan citarasanya. Dari biji cokelat ini, selanjutnya dipisahkan bijinya (*cacao nib*) dengan cara membuang kulitnya. Nib cokelat selanjutnya dilakukan penggilingan untuk memperoleh pasta cokelat. Untuk memperoleh lemak cokelat (*cocoa butter*), maka dilakukan penekanan (*pressing*) yang juga menghasilkan *cocoa cake*, apabila diproses lanjut menjadi cokelat bubuk (Wahyudi, 1992). Selain cokelat bubuk, produk olaha kakao komersial yang populer adalah cokelat batang, yaitu cokelat gelap (*dark chocolate*), cokelat susu (*milk chocolate*) dan cokelat putih (*white chocolate*).

3.13.2 Teh

Teh adalah minuman sebuah infusi yang dibuat dengan cara menyeduh daun, pucuk daun, atau tangkai daun yang dikeringkan dari tanaman teh (*Camellia sinensis*) dengan air panas. Teh merupakan minuman yang paling Perhimpunan Ahli Teknologi Pangan Indonesia (PATPI)

banyak dikonsumsi dunia. Teh diduga berasal dari Tiongkok tempat teh telah dikonsumsi selama ribuan tahun. Sekitar abad ke-16, waktu Portugis memperluas kekuasaan mereka, minuman ini diimpor ke Eropa dan segera menjadi populer sehingga Portugis dan Belanda kemudian memutuskan untuk mendirikan perkebunan teh skala besar di koloni mereka di daerah tropis.

Indonesia adalah produsen teh terbesar ke-7 di dunia. Dua negara yang mendominasi produksi teh global adalah Cina dan India. Kedua negara ini berkontribusi untuk hampir setengah dari produksi teh dunia. Selanjutnya diikuti Kenya, Sri Lanka, Vietnam, Turki, dan Indonesia dengan produksi 139.362 ton pada tahun 2017. Hampir setengah dari produksi teh Indonesia diekspor keluar negeri. Pasar ekspor utamanya adalah Rusia, Inggris, dan Pakistan. Teh Indonesia yang diekspor terutama berasal dari perkebunan besar di negara ini, baik yang dimiliki negara maupun swasta (biasanya menghasilkan teh bermutu tinggi atau premium), sementara mayoritas petani kecil lebih berorientasi kepada pasar domestik (karena teh yang dihasilkan bermutu lebih rendah dan karenanya memiliki harga penjualan yang lebih murah). Teh Indonesia dikenal karena memiliki kandungan katekin (antioksidan alami) tertinggi di dunia. Kebanyakan produksi teh Indonesia adalah teh hitam, diikuti oleh teh hijau (Anonim, 2007).

Teh (*Camelia sinensis*) merupakan tanaman berbentuk semak yang umumnya tumbuh di daerah yang beriklim tropis dengan ketinggian antara 200-2000 meter di atas permukaan laut dengan suhu cuaca antara 14-25 °C. Ketinggian tanaman hanya dapat mencapai 9 meter untuk teh Cina dan teh Jawa, sedangkan untuk teh jenis *Assamica* dapat mencapai 12-20 meter. Namun untuk mempermudah pemetikan daun teh yang masih muda, pohon teh selalu dijaga pertumbuhannya dengan cara dipotong dengan maksimal ketinggiannya mencapai 1 meter. Daun teh ini berbentuk oval, selalu berwarna hijau dan agak berkulit serta memiliki panjang antara 4 sampai 10 cm. Bunganya berwarna putih sebesar 3 cm berasal dari pucuk daunnya dan berbentuk lonjong seperti kapsul dan di dalamnya berisi sampai tiga biji benih. Tanaman ini memerlukan curah hujan yang teratur sekitar 2000 mm. Tanaman ini dikembangkan dengan cara penyetekan batang setinggi sekitar 1 m.

Jenis Teh

Berdasarkan proses pengolahannya, jenis teh dapat dibedakan menjadi teh tanpa fermentasi (teh putih dan teh hijau), teh semi fermentasi (teh oolong), serta teh fermentasi (teh hitam). Belakangan istilah fermentasi menjadi kurang populer dan diganti dengan istilah yang lebih tepat, yaitu oksidasi enzimatis atau disingkat menjadi oksimatis. Dibandingkan dengan jenis teh lainnya, teh hitam adalah teh yang paling banyak diproduksi yaitu sekitar 78%, diikuti teh hijau 20% kemudian sisanya adalah teh oolong dan teh putih yaitu 2% (Rohdiana, 2015).

Teh putih

Teh putih merupakan teh dengan proses pengolahan paling sederhana, yaitu pelayuan dan pengeringan.

Teh hijau

Prinsip dasar proses pengolahannya adalah inaktivasi enzim polifenol oksidase untuk mencegah terjadinya oksimatis yang merubah polifenol menjadi senyawa oksidasinya berupa teaflavin dan tearubigin. Pada proses pengolahan teh hijau Cina digunakan mesin pelayuan berupa *rotary panner*, sementara itu proses teh hijau Jepang menggunakan *steamer* dalam menginaktivasi enzimnya. Daun teh yang sudah dilayukan, kemudian digulung dan dikeringkan sampai kadar air tertentu.

Teh oolong

Setelah sampai di pabrik, daun teh sesegara mungkin dilayukan dengan memanfaatkan panas dari sinar matahari sambil digulung halus secara manual menggunakan tangan ataupun menggunakan mesin dengan maksud untuk mengoksidasi sebagian polifenol yang terdapat dalam daun teh. Setelah dipandang cukup semi oksimatisnya, daun teh kemudian dikeringkan. Proses ini juga dikenal sebagai proses semi oksimatis.

Teh hitam

Berdasarkan prosesnya teh hitam dibedakan menjadi teh hitam ortodoks dan *crushing-tearing-curling* (CTC). Pada proses pengolahan teh hitam ortodoks, daun teh dilayukan semalam 14-18 jam. Setelah layu, daun teh digulung, digiling dan dioksimatis selama kurang lebih 1 jam. Sementara itu, proses pengolahan CTC, pelayuannya lebih singkat yaitu, 8-11 jam dan diikuti dengan proses penggilingan yang sangat kuat untuk mengeluarkan cairan sel semaksimal mungkin. Proses selanjutnya adalah pengeringan dengan tujuan untuk menghentikan proses oksimatis dan menurunkan kadar air.

Standar Mutu Teh

Saat ini, standar mutu teh yang diatur dalam SNI telah mengalami perkembangan sesuai dengan jenis olahan turunan dari teh tersebut seperti; teh hitam (SNI 1902:2016), teh hitam celup (SNI 3753:2014), teh hijau (SNI 3945:2016), teh hijau celup (SNI 4324:2014), teh bubuk (SNI 01-4453-1998), teh kering dalam kemasan (SNI 3836: 2013), teh wangi (SNI 01-1898-2002) dan teh instan (SNI 7707:2011) (BSN, 2020).

Komposisi Kimia

Komposisi senyawa kimia yang terkandung dalam teh sangat kompleks, terdiri atas polifenol (katekin dan turunannya), senyawa xantin (kafein, teofilin dan teobromin), asam amino, karbohidrat, protein, klorofil, senyawa volatil, fluor, mineral. Turunan polifenol terdapat dalam jumlah yang paling banyak. Polifenol merupakan senyawa kimia yang salah satunya berfungsi sebagai antioksidan. Di dalam daun teh terkandung empat polifenol utama, yaitu: epicatechin (EC), epicatechin gallate (ECG), epigallocatechin (EGC), dan epigallocatechin gallate (EGCG). EGCG dalam teh hijau bersifat antioksidan yang kekuatannya 100 kali lebih efektif dibandingkan dengan vitamin C dan 25 kali lebih tinggi dari vitamin E. Kandungan EGCG dalam 1 g teh hijau antara 30-50 mg. Teh hijau mengandung polifenol hingga 30-42%, sedangkan pada teh hitam tidak sebanyak teh hijau, yaitu sekitar 10%.

3.13.3 Kopi

Kopi adalah minuman hasil seduhan biji kopi yang telah disangrai dan dihaluskan menjadi bubuk. Kopi diperkenalkan di Nusantara pada masa pendudukan Belanda, karena Indonesia memiliki iklim yang sesuai untuk produksi kopi, terutama di Jawa, Sumatra dan juga di Sulawesi. Indonesia adalah salah satu negara produsen dan eksportir kopi paling besar di dunia. Produsen dan eksportir kopi terbesar di dunia adalah Brasil, diikuti Vietnam, Kolumbia, Indonesi dan Honduras. Kebanyakan hasil produksinya adalah varietas robusta yang bermutu lebih rendah. Indonesia juga terkenal karena memiliki sejumlah kopi khusus seperti ‘kopi luwak’ (dikenal sebagai kopi yang paling mahal di dunia) dan ‘kopi Mandailing’. Kopi adalah penghasil devisa terbesar keempat untuk Indonesia setelah minyak sawit, karet dan kakao.

Pemrosesan kopi sebelum dapat diminum melalui proses panjang yaitu dari pemanenan biji kopi yang telah matang baik dengan cara mesin maupun dengan tangan, kemudian dilakukan pemrosesan biji kopi dan pengeringan sebelum menjadi kopi gelondong. Proses selanjutnya yaitu penyangraian dengan tingkat derajat yang bervariasi. Setelah penyangraian, biji kopi digiling atau dihaluskan menjadi bubuk kopi sebelum kopi dapat diminum (Departemen Perindustrian, 2009).

Dari sekian banyak jenis biji kopi yang dijual di pasaran, hanya terdapat dua jenis varietas utama, yaitu kopi arabika (*Coffea arabica*) dan robusta (*Coffea robusta*). Masing-masing jenis kopi ini memiliki keunikannya masing-masing dan pasarnya sendiri. Kopi arabika merupakan tipe kopi tradisional dengan cita rasa terbaik. Sebagian besar kopi yang ada dibuat dengan menggunakan biji kopi jenis ini. Kopi ini berasal dari Etiopia dan sekarang telah dibudidayakan di berbagai belahan dunia, mulai dari Amerika Latin, Afrika Tengah, Afrika Timur, India, dan Indonesia. Secara umum, kopi ini tumbuh di negara beriklim tropis atau subtropis. Kopi arabika tumbuh pada ketinggian 600–2000 m di atas permukaan laut. Tanaman ini dapat tumbuh hingga 3 meter bila kondisi lingkungannya baik. Suhu tumbuh optimalnya adalah 18-26°C. Biji kopi yang dihasilkan berukuran cukup kecil dan berwarna hijau hingga merah gelap.

Kopi robusta pertama kali ditemukan di Kongo pada tahun 1898. Kopi robusta dapat dikatakan sebagai kopi kelas 2, karena rasanya yang lebih pahit, sedikit asam, dan mengandung kafeina dalam kadar yang jauh lebih banyak. Selain itu, cakupan daerah tumbuh kopi robusta lebih luas daripada kopi arabika yang harus ditumbuhkan pada ketinggian tertentu. Kopi robusta dapat ditumbuhkan dengan ketinggian 800 m di atas permukaan laut. Kopi jenis ini lebih resisten terhadap serangan hama dan penyakit. Hal ini menjadikan kopi robusta lebih murah. Kopi robusta banyak ditumbuhkan di Afrika Barat, Afrika Tengah, Asia Tenggara, dan Amerika Selatan.

Selain memproduksi kopi biasa, Indonesia juga memproduksi beberapa kopi spesial. Yang paling terkenal di antara kopi spesial ini adalah kopi luwak, kopi Toraja, kopi Aceh dan kopi Mandailing. Kopi luwak merupakan jenis kopi paling terkenal karena dikenal sebagai kopi termahal di dunia. Kopi ini diekstraksi dari biji kopi yang telah melalui sistem pencernaan musang luwak Asia (hewan yang mirip kucing). Karena proses fermentasi khusus di dalam perut hewan tersebut (dan juga karena fakta luwak bisa memilih buah kopi yang paling *juicy*) dan memiliki rasa yang lebih kaya. Proses produksinya yang memerlukan banyak tenaga kerja dan kelangkaannya di pasar internasional menyebabkan harganya menjadi mahal.

Berdasarkan SNI 01-2907 2008 tentang kopi, biji kopi digolongkan berdasarkan jenisnya, cara pengolahannya, nilai cacatnya, ukurannya, jumlah keping dan daerah asalnya. Syarat mutu terdiri dari syarat mutu umum dan syarat mutu khusus yang meliputi berdasar ukuran biji, berdasar jumlah keping dan berdasarkan sistem nilai cacat.

Kopi mengandung komposisi antara lain karbohidrat, minyak, protein, asam non volatin, trigonelin dan kafein. Dengan kandungan senyawa kompleks di dalamnya, kopi memiliki aneka rasa dan aroma yang menarik. Kandungan kafein dalam kopi yang terbilang cukup tinggi adalah ciri khas dan identitas kopi, yang mampu memberikan berbagai efek bagi peminumnya. Beberapa manfaat dan pengaruh positif mengonsumsi kopi antara lain; mengurangi resiko penyakit Alzheimer, mengurangi resiko penyakit batu empedu, mengurangi resiko penyakit Parkinson, meningkatkan daya ingat dan IQ, mengurangi pusing, terutama migrain, mengurangi resiko terkena diabetes mellitus tipe

2 hingga 50%, menurunkan resiko timbulnya sirosis hati, serangan kanker mulut, kanker tenggorokan, kanker payudara dan menurunkan risiko terkena penyakit encok bagi laki-laki berumur lebih dari 40 tahun. Kopi dilaporkan juga memiliki efek negatif, yaitu menimbulkan kecemasan dan mengganggu pola tidur, meningkatkan asam lambung, pelemahan tulang terutama bagi wanita pasca menopause, bereaksi dengan beberapa obat, dan meningkatkan kadar gula dan tekanan darah (Anonim, 2020).

Saat ini kopi dipasarkan dalam berbagai jenis diversifikasi kopi, seperti kopi bubuk, kopi instan, kopi mix, kopi rendah kafein, kopi matang (*roasted coffee*), serta turunan produk lainnya. Dalam kedai kopi modern, telah berkembang variasi kopi yang kebanyakan dipengaruhi dari mancanegara. Kopi modern yang dibuat merupakan campuran dari beberapa bahan selain kopi itu sendiri, seperti susu, foam, moka, dan cokelat. Beberapa jenis kopi yang banyak dijual di kedai kopi modern, yaitu *ekspreso*, *cappuccino*, *americano*, *macchiato*, *frappe*, *frappuccino*, *marocchino*, *mochaccino*, *caffè latte*, *flat white*, *long black*, dan *granite* (Adiakurnia, 2017).

3.14 Rempah-Rempah dan Tanaman Penyegar

Rempah-rempah Indonesia merupakan salah satu hasil yang paling berharga. Banyak sekali negara yang datang ke Indonesia untuk berburu rempah-rempah.

3.14.1 Lada

Lada merupakan salah satu jenis rempah yang bernilai ekonomi tinggi karena rasa pedas dan aroma yang khas, yang ditimbulkan dari senyawa alkaloid piperine dan minyak volatil. Ada dua jenis lada, yaitu lada hitam dan lada putih, yang dihasilkan dari tanaman yang sama yaitu tanaman lada (*Piper nigrum*). Perbedaan kedua jenis lada tersebut karena perbedaan penanganan pasca panen. Lada putih diolah dari buah lada yang hampir masak, kemudian mengalami proses perendaman, pengupasan dan penjemuran sehingga dihasilkan lada yang berwarna putih. Lada hitam diolah dari buah lada yang masih berwarna

hijau, kemudian mengalami proses pemeraman dan penjemuran sampai kering. Adanya proses penjemuran tersebut menghasilkan lada yang berwarna kehitaman dan tekstur keriput (Zachariah dan Parthasarathy, 2008).

Pada lada hitam terkandung minyak atsiri, komponen fenolik, tanin dan flavornoid. Lada hitam banyak digunakan dalam industri pangan dan untuk keperluan rumah tangga, ataupun dalam bidang non pangan, misalnya dalam industri kosmetika dan pengobatan tradisional. Pada lada putih terdapat senyawa alkaloid, misalnya piperin, metilprolin dan kavisin, serta minyak atsiri. Lada putih lebih banyak digunakan untuk keperluan rumah tangga dan untuk obat tradisional.

Lada hitam memiliki nilai gizi yang hampir sama dengan lada putih, yaitu karbohidrat (66,5%), protein (10%), lemak (10,2%) dan mineral 4,6%. Mineral yang ada pada lada terutama kalium (1,2 g), kalsium (0,4 g), fosfor (160 mg) dan natrium (10 mg). Polisakarida pada lada terutama terdiri dari glukosa (88%), diikuti galaktosa, arabinosa, asam galakturonat dan rhamnosa. Pada lada juga terdapat vitamin A 19 IU, serta thiamin, riboflavin dan niasin dalam jumlah sedikit (Zachariah dan Parthasarathy, 2008).

Ada dua komponen utama pada lada, yaitu minyak atsiri dan komponen *pungency* (pemberi rasa pedas) berupa oleoresin. Minyak atsiri pada lada hitam lebih tinggi dibandingkan lada putih. Lada hitam mengandung 2-2,6% minyak atsiri dan 6-13% oleoresin. Komponen oleoresin pada lada hitam berupa piperine. Minyak atsiri berperan terhadap aroma, sedangkan oleoresin berperan terhadap rasa lada secara keseluruhan.

Selain lada hitam dan lada putih, buah lada dapat diproses menjadi produk lain berupa produk olahan dari lada hijau dan beberapa produk lain. Produk dari lada hijau berupa lada hijau beku, lada hijau dalam larutan garam, lada hijau kering dan saus dari lada hijau. Selain dalam bentuk utuh (*whole black pepper*), lada hitam diolah dalam bentuk bubuk lada hitam, minyak atsiri, oleoresin, atau produk mikrokapsul. Hasil olahan lada putih adalah dalam bentuk utuh (*whole white pepper*) dan bubuk lada putih. Produk lain dari lada misalnya berupa minyak lada, oleoresin dan saus.

Salah satu hasil olahan lada adalah minyak atsiri. Minyak atsiri lada dapat diekstrak menggunakan metode penyulingan menggunakan steam secara langsung atau penyulingan menggunakan uap air dengan cara dikukus. Penyulingan dengan kapasitas besar dapat dilakukan menggunakan steam, namun perlu biaya investasi tinggi karena memerlukan dua unit peralatan yaitu ketel penyulingan (volume 2500 liter) dan mesin pembangkit uap. Penyulingan menggunakan uap air dapat dilakukan pada ketel dengan volume 1000 liter, serta tidak memerlukan mesin pembangkit uap.

Sebelum proses ekstraksi, lada dihancurkan sampai ukuran partikel kurang lebih 0,7 mm agar proses ekstraksi optimal. Hal lain yang perlu diperhatikan adalah kerapatan bahan yang tepat sehingga uap air dapat masuk ke bahan dan mengekstrak minyak keluar dari bahan. Apabila bahan terlalu padat, maka uap tidak dapat masuk ke dalam bahan dengan baik, sehingga proses ekstraksi tidak berlangsung sempurna. Ekstraksi minyak atsiri lada memerlukan waktu 4-5 jam. Proses ekstraksi menggunakan metode penyulingan ini memiliki kelemahan yaitu efisiensi rendah dan hilangnya komponen yang tidak tahan panas. Untuk mengatasi kelemahan ini dapat digunakan metode *supercritical fluid extraction* (SFE) menggunakan pelarut karbondioksida superkritis untuk mengatasi kelemahan menggunakan metode ekstraksi konvensional.

3.14.2 Pala

Pala merupakan jenis rempah-rempah bernilai ekonomis tinggi, dan hampir setiap bagian tanaman pala bisa digunakan untuk industri pangan dan farmasi. Pala memiliki bentuk bulat dengan warna kulit kuning dan dagingnya berwarna putih. Bagian buah pala adalah 77,8% daging buah, 5,1% tempurung, 4% fuli, dan 13,1% biji (Nurdjannah, 2007). Daging pala yang berwarna putih apabila dikeringkan menjadi berwarna cokelat gelap, dan memiliki aroma yang khas. Fuli merupakan selubung biji yang menutupi tempurung biji pala, memiliki bentuk seperti jala dan berwarna merah terang. Dari bagian biji pala tersebut, bagian terpenting yang bernilai tinggi adalah biji dan fuli yang diolah menjadi minyak atsiri dan oleoresin.

Ada beberapa jenis pala yang ada di Indonesia. Jenis pala terbanyak dan mutu tertinggi adalah *Myristica fragrans*, yang berasal dari Pulau Banda. Jenis kedua adalah *Myristica argenta* War, yang mutunya di bawah pala Banda. *Myristica argenta* berasal dari Papua, oleh karena itu juga disebut Papuanoot. Selain itu, dari Papua, yang terdapat di hutan, juga ada jenis pala lain yaitu *Myristica scheffert*. Ada dua jenis pala lain, yaitu *Myristica speciosa* dan *Myristica succanea*, namun kurang memiliki nilai ekonomi (Nurdjannah, 2007).

Komposisi utama biji pala adalah air (14,3%), lemak (36,4%), protein (7,5%), karbohidrat (28,5%), serat (11,6%), abu (1,7%) dan minyak atsiri (6-16%). Karbohidrat pada pala terdiri dari pati (14,6-24,2%), pentosan (2,25%), pektin (0,6%) dan furfural (1,5%). Mineral utama pada pala adalah kalsium 0,12%, fosfor 0,24%, zat besi 4,6 mg/100 g.

Biji pala bermutu baik mengandung ekstrak eter tidak mudah menguap minimal 25%, abu maksimal 5% dan serat kasar maksimal 10%. Fuli bermutu baik memiliki syarat kandungan eter tidak mudah menguap 20-30% dan kadar abu maksimal 0,5%. Standar pala dalam SNI 01-0007-1993 mengelompokkan pada ke dalam lima kelompok mutu (**Tabel 3.13**).

Tabel 3.13 Mutu biji pala (SNI 01-0007-1993)

Kategori	Deskripsi
Mutu utuh I	Terdiri dari biji pala utuh dan pecahan dalam ukuran besar, minimal 1/3 dari utuhnya, berwarna kuning atau kuning kemerahan hingga merah. Apabila ada kontaminasi jamur pada mutu ini maksimal 5%.
Mutu utuh II	Ukuran biji dan pecahan sama dengan mutu utuh I, akan tetapi warnanya gelap/buram, dan apabila ada kontaminasi jamur maksimal 5%.
Mutu pecah I	Biji pala yang pecah-pecah, ukuran minimal 1/12 dari biji utuh, memiliki warna kuning, atau kuning kemerahan sampai merah, dan apabila ada kontaminasi jamur maksimal 5%.
Mutu pecah II	Ciri fisik sama dengan mutu pecah I, akan tetapi warnanya buram atau kuning dan atau kemerah-merahan.
Fuli hitam	Biji pala yang pecah dan berwarna gelap.

Hasil olahan pala yang bernilai ekonomi tinggi berupa minyak atsiri dan rempah-rempah. Untuk mendapatkan minyak atsiri dalam jumlah banyak, buah pala dipanen pada umur yang masih muda, kurang lebih 5 bulan, sehingga minyak atsiri yang didapatkan jumlahnya banyak. Untuk mendapatkan rempah-rempah dari pala yang bermutu, biji pala dipanen pada umur yang tua.

Setelah panen, fuli dilepas dari biji pala kemudian dikeringkan hingga setengah kering. Pada saat setengah kering, fuli dipipihkan, kemudian dikeringkan kembali sampai warnanya menjadi merah cokelat dan kadar airnya 10-12%. Apabila pengeringan dilakukan menggunakan alat pengering, suhu yang digunakan maksimal 60°C. Pengeringan pada suhu yang terlalu tinggi mengakibatkan fuli menjadi rapuh dan sebagian minyak atsiri menguap (Nurdjannah, 2007). Fuli yang telah kering disimpan dalam ruang gelap selama kurang lebih tiga bulan sehingga warnanya berubah menjadi kuning tua sampai oranye. Setelah penyimpanan, dilakukan sortasi untuk mengelompokkan fuli yang utuh dan tidak utuh.

Biji pala yang sudah dipisahkan dihamparkan setebal 5 cm di atas para-para, kemudian diangin-anginkan selama kurang lebih enam minggu sehingga kulit biji pala tidak keriput. Setelah itu dilanjutkan dengan proses pengeringan suhu rendah, hingga kadar air mencapai 8%. Alternatif lain yang dapat dilakukan adalah dengan pengasapan atau kombinasi pengasapan dengan penjemuran, dengan suhu pengasapan maksimal adalah 35-37°C. Biji pala yang telah kering dipisahkan dari tempurungnya dengan hati-hati agar biji tetap utuh, menggunakan pemukul atau mesin pencacah. Rendemen biji pala bersih adalah 70% dari biji utuhnya. Biji pala yang telah bersih kemudian disortasi untuk mengelompokkan berdasarkan mutunya.

Biji pala terdiri dari minyak (30-45%) dan bahan padat (45-60%). Minyak biji pala terdiri dari minyak atsiri (5-15%) dan lemak/*nutmeg butter* (24-40%), masing-masing dari berat bijinya. Minyak atsiri biji pala lebih memiliki peran penting sebagai flavoran pada industri pangan (Lela, 2008). Komponen utama minyak atsiri pada pala adalah monoterpen hidrokarbon (beta pinene, alpha pinene, sabinene) sejumlah 61-88%, aromatic eter (elemicin, myristicin, safrole) 2-18 % dan asam monoterpen 5-15%.

Penyulingan biji pala menghasilkan minyak atsiri, dengan rendemen kurang lebih 12%. Fuli pala juga dapat disuling menghasilkan minyak fuli, dengan rendemen 11%. Kedua minyak tersebut memiliki karakter mirip yaitu jernih, tidak berwarna hingga berwarna kuning pucat, namun minyak fuli memiliki aroma lebih tajam dibandingkan minyak atsiri biji pala. Penyulingan minyak atsiri pala dilakukan dengan cara destilasi atau penyulingan uap pada tekanan rendah. Penyulingan opada tekanan tinggi menghasilkan rendemen rendah dan menurunkan mutu minyak atsiri (Sipahelut dan Telussa, 2011).

Lemak biji pala/*nutmeg butter* dapat dipisahkan melalui pengepresan dan pemanasan, atau ekstraksi dengan menggunakan pelarut, seperti dietil eter. *Nutmeg butter* atau juga disebut *concrete* atau *expressed oil*, memiliki sifat cair semi padat, mencair pada suhu 45-51°C, berwarna oranye, aroma seperti pala, dan larut dalam pelarut alkohol (Lela, 2008).

Hasil pengolahan buah pala lainnya berupa oleoresin, yang berbentuk cairan kental hasil ekstraksi rempah-rempah buah pala menggunakan pelarut organik. Ekstraksi oleoresin dilakukan pada biji atau fuli pala yang sudah dihaluskan menjadi bubuk. Jenis oleoresin yang dikenal adalah oleoresin fuli/mace oleoresin, di samping ada juga oleoresin pala yang mengandung minyak atsiri. Jenis pelarut mempengaruhi komposisi oleoresin yang dihasilkan. Oleoresin memiliki kandungan lemak tinggi apabila ekstraksi dilakukan menggunakan pelarut non polar, sedangkan ekstraksi menggunakan pelarut polar, misalnya aseton dan etanol menghasilkan oleoresin yang memiliki kadar lemak rendah (Lela, 2008).

Bagian terbesar dari pala adalah dagingnya, dengan komposisi kurang lebih 80%. Daging pala diolah menjadi aneka produk pangan, misalnya manisan, sirup dan selai, sehingga meningkatkan nilai ekonominya, dari yang semula hanya sebagai limbah.

3.14.3 Jahe

Jahe (*Zingiber officinale*) merupakan salah satu spesies dari family Zingiberaceae yang banyak digunakan sebagai pelengkap pada aneka makanan dan minuman. Menurut (Zachariah, 2008), jahe dikelompokkan menjadi tiga jenis, yaitu jahe putih, jahe gajah dan jahe merah. Jahe putih atau dikenal

sebagai jahe emprit karena memiliki ukuran ruas yang kecil, rata sampai agak menggebung, dan selalu dipanen setelah umurnya tua. Jahe emprit memiliki rasa pedas karena kadar minyak atsirinya tinggi. Jahe emprit dapat digunakan langsung pada bidang pangan atau diekstrak minyak atsiri dan oleoresinnya. Jahe gajah atau disebut juga jahe badak memiliki ukuran rimpang lebih besar serta ruas rimpangnya lebih menggebung dibandingkan jahe emprit dan jahe merah. Berbeda dengan jahe emprit yang selalu dipanen pada saat sudah tua, jahe gajah dapat dikonsumsi saat masih muda atau sudah tua. Jahe merah memiliki rimpang berwarna merah, dan memiliki ukuran lebih kecil daripada jahe emprit. Jahe merah memiliki kadar minyak atsiri tinggi, sama dengan jahe emprit dan selalu dipanen setelah umurnya tua.

Komposisi kimia jahe adalah kadar air 80,9%, karbohidrat 12,3%, protein 2,3 %, lemak 0,9%, serat 2,4% dan mineral 1,2%. Mineral utama pada jahe adalah kalsium 20 mg/100 g, zat besi 2,7 mg/ 100 g dan fosfor 60 mg/ 100 g. Beberapa vitamin pada jahe adalah thiamine (0,06 mg/100 g, riboflavin (0,03 mg/ 100 g), niasin (0,6 mg/100 g) dan asam askorbat (6 mg/ 100 g).

Jahe biasanya dipanen pada umur 8-12 bulan. Pada umumnya, untuk dikonsumsi segar, jahe dipanen pada umur 8 bulan. Setelah panen, dilakukan sortasi untuk memisahkan dari sisa tanah dan bagian lain tanaman. Tahap berikutnya adalah pencucian dengan menggunakan air bersih, dan apabila diperlukan menggunakan semprotan bertekanan tinggi. Selesai pencucian, jahe ditiriskan menggunakan *tray* atau wadah yang berlubang-lubang untuk membuang sisa air cucian. Selanjutnya jahe ditempatkan dalam baskom/ ember plastik. Untuk jahe yang didistribusikan dalam keadaan segar langsung dikemas menggunakan peti kayu berongga. Apabila jahe dijual kering atau dibuat simplisia, maka rimpang jahe diiris dengan ketebalan 1-4 mm. Selanjutnya dilakukan proses pengeringan, baik menggunakan sinar matahari atau alat pengering, sampai kadar air di bawah 8% (Zachariah, 2008).

Beberapa bentuk olahan jahe yaitu jahe kering (simplisia), bubuk jahe, minyak jahe dan oleoresin. Pada pembuatan jahe kering, jahe yang telah bersih diblansir dengan uap selama 5 menit untuk mempertahankan warna dan tekstur jahe. Berikutnya dilakukan pengecilan ukuran dengan memotong rimpang jahe menjadi 7-8 mm, lalu dikeringkan di bawah sinar matahari

atau alat pengering hingga kadar air 7-12 %. Simplisia jahe yang telah kering kemudian dikemas menggunakan pengemas vakum. Untuk pembuatan bubuk jahe, dari jahe kering tersebut dilakukan penggilingan halus dan pengayakan 60 mesh. Bubuk jahe kemudian dikemas, lebih baik apabila menggunakan kemasan vakum. Jahe kering mengandung 3,5-10% oleoresin dan 15-30% minyak volatil.

Oleoresin jahe didapatkan dengan cara ekstraksi jahe kering menggunakan pelarut. Oleoresin memiliki aroma, flavor dan *pungency* (rasa pedas) sama dengan jahe. Oleoresin jahe mengandung komponen gingerol, minyak atsiri, zingerone, dan resin. Oleoresin jahe digunakan sebagai pengganti jahe dalam industri pangan, juga pada bidang farmasi.

Ekstraksi minyak jahe dilakukan terhadap jahe bubuk selama 10-15 jam. Rendemen minyak jahe yang dihasilkan kurang lebih 3%, dan warna minyaknya adalah bening sampai kuning tua, aroma harum, namun tidak ada rasa pedas. Aroma harum pada minyak jahe disebabkan adanya zingiberin dan zingiberol.

3.14.4 Kayu Manis

Kayu manis, atau dalam Bahasa Inggrisnya cinnamon, adalah termasuk salah satu bumbu makanan tertua yang telah digunakan manusia. Di dunia, tercatat ada 54 jenis tanaman kayu manis (*Cinnamomum spp*), dan 12 jenis di antaranya ada di Indonesia. Jenis kayu manis yang banyak ditanam di Indonesia adalah *Cinnamomum burmannii*, *Cinnamomum zeylanikum*, dan *Cinnamomum cassia*. Kayu manis juga banyak tumbuh liar di hutan, seperti *Cinnamomum massoi* dan *Cinnamomum culilawan*.

Indonesia termasuk pemasok cassia terbesar dari jenis *Cinnamomum burmannii*, yang juga disebut *Indonesia cinnamon* atau kasiavera (*cassiavera*), yakni sebesar 66% di pasaran dunia. Pemasok besar lainnya adalah Tiongkok, Vietnam, dan India. Pasar utama dunia kayu manis Indonesia adalah Amerika, Kanada, dan Jerman. Negara Meksiko juga tercatat sebagai pengimpor besar kayu manis. Indonesia masih mengekspor kayu manis dalam bentuk bahan bakunya (kulit), bukan dalam bentuk bubuk.

Kayu manis mengandung minyak atsiri, *eugenol*, *safrole*, *cinnamaldehyde*, *tanin*, kalsium oksalat, damar, zat penyamak, dimana *cinnamaldehyde* merupakan komponen yang terbesar (70%). Komposisi kimia kayu manis jenis *Cinnamomum burmanni*, mengandung kadar air 7,90 %, minyak asiri 2,40 %, alkohol ekstrak 8,2-8,5 %, abu 3,55 %, serat kasar 20,30 %, karbohidrat 59,55 %, dan lemak 2,20 % (Leela, 2008).

Salah satu komponen pada kayu manis adalah oleoresin. Oleoresin dari ekstrak kayu manis memiliki kelebihan dibandingkan kayu manisnya, yaitu kestabilan flavor selama pengolahan menggunakan panas, lebih bersih dan ekonomis. Oleoresin dari kayu manis bisa diperoleh dengan proses ekstraksi menggunakan pelarut polar, misalnya methanol, etanol dan isopropil alkohol (Leela, 2008).

Kayu manis, secara tradisional dijadikan sebagai obat untuk berbagai penyakit. Kayu manis yang dicampur madu, seperti untuk mengobati penyakit radang sendi, kulit, jantung, dan perut kembung. Rempah ini dilaporkan juga memiliki khasiat bagi kesehatan untuk penderita diabetes. Kayu manis memiliki manfaat penting bagi kesehatan jantung seperti mengurangi kolesterol total, kolesterol buruk (LDL), dan trigliserida, serta meningkatkan kolesterol baik (HDL). Kayu manis juga menjadi bahan penting dalam produksi makanan dan minuman. Di Meksiko, kulit kayu manis digunakan dalam produk makanan ringan berbahan cokelat. Kulit kayu manis juga menjadi bahan penting dalam produksi makanan ringan seperti kue apel, donat, dan aneka makanan penutup, permen, produk minuman kopi, minuman teh, minuman cokelat, hingga liqueur. Bubuk kayu manis menjadi bahan penting dalam masakan Persia, seperti sup, minuman, dan permen (Rismunandar dan Paimin, 2001).

Kayu manis banyak diperdagangkan dalam bentuk bubuk. Dalam SNI 01-3714-1995 tentang Kayu manis bubuk, kayu manis bubuk adalah yang dibuat dari kulit batang, kulit dahan atau kulit ranting tanaman kayu manis (*Cinnamomum sp*) yang telah dikupas kulit luarnya, dikeringkan dan dihaluskan. Kriteria mutunya mencakup warna, bau, bobot jenis, indeks bias, putaran optik, kelarutan dalam etanol 70% dan kadar sinamaldehyda

Untuk meningkatkan nilai jualnya, saat ini kayu manis telah banyak diproduksi menjadi minyak yang dapat diperoleh dari penyulingan kulit, ranting dan daun. Di perdagangan kayu manis, produk yang diminta dari minyak kayu manis didasarkan pada jenis kayu manis dan asal bahan, yaitu *cinnamon leaf oil*, *cinnamon bark oil* dan *cassia oil*. *Cinnamon leaf oil* adalah minyak yang diperoleh dari daun kayu manis jenis *Cinnamomum zeylanicum*, *cinnamon bark oil* adalah minyak yang diperoleh dari kulit. *Cinnamon cassia oil* adalah minyak yang diperoleh dari daun, ranting dan bubuk kulit manis jenis *Cinnamomum burmanii* atau *Cinnamomum cassia* (Rismunandar dan Paimin, 2001).

Komponen utama minyak kulit kayu manis adalah sinamaldehid, eugenol, acetoeugenol dan beberapa aldehid lain dalam jumlah yang kecil. Di samping itu juga mengandung methyl-n-amylketone yang juga sangat menentukan dalam flavor khusus dari minyak kayu manis. Komponen terbesar minyak atsiri dari kulit kayu manis adalah sinamal aldehid dan eugenol yang menentukan mutu minyaknya. Sebagian besar komponen aromatik minyak kayu manis bersifat larut dalam air, akibatnya pemisahan minyak dan air menjadi sangat sulit yang membuat rendah rendemennya. Kadar komponen kimia kulit kayu manis sangat tergantung pada daerah asalnya atau tempat penanamannya.

Minyak kayu manis banyak digunakan dalam industri makanan, minuman, farmasi, rokok, dan kosmetika sebagai pemberi rasa dan aroma. Minyak atsiri tersebut mempunyai daya bunuh terhadap mikroorganisme (antiseptis), membangkitkan selera atau menguatkan lambung juga memiliki efek untuk mengeluarkan angin. Selain itu minyaknya digunakan di industri obat kumur dan pasta, penyegar bau sabun, deterjen, lotion parfum dan cream. Dalam pengolahan bahan makanan dan minuman minyak kayu manis di gunakan sebagai pewangi atau peningkat cita rasa, di antaranya untuk minuman keras, minuman ringan (*softdrink*), agar-agar, kue, kembang gula, bumbu gulai dan sup.

Minyak atsiri kayu manis banyak diminta oleh Amerika Serikat dan Eropa untuk keperluan industri, baik makanan maupun farmasi. Minyak atsiri kayu manis *Cinnamon cassia* banyak diproduksi di Cina, Vietnam dan

Taiwan. Indonesia memproduksi minyak dari jenis *Cinnamomum zeylanicaum* dan *Cinnamomum burmanii* baik dari ranting maupun daun (Kristiningrum dan Lukiawan, 2011).

3.14.5 Cengkeh

Cengkeh (*cloves*) merupakan tanaman asli Indonesia dan menjadi komoditi strategis Indonesia. Indonesia adalah negara produsen dan sekaligus konsumen cengkeh terbesar di dunia. Pada tahun 2010 Indonesia memproduksi cengkeh hingga 140.000 metrik ton. Cengkeh (*Syzygium aromaticum* syn. *Eugenia aromaticum*) adalah tangkai bunga kering beraroma dari keluarga pohon *Myrtaceae* (Nurdjannah, 2004). Hampir semua provinsi di Indonesia memiliki tanaman cengkeh, terutama Jawa Timur, Sulawesi Selatan, Maluku, Sulawesi Tenggara dan Sulawesi Tengah.

Di Indonesia terdapat tiga varietas unggul yang dibudidayakan, yaitu: (a) Cengkeh siputih (memiliki helai daun cukup besar, berwarna hijau kekuningan, bercabang kurang rimbun, memiliki bunga yang besar dan berwarna kuning, tiap rumpun terdiri dari belasan bunga); (b) Cengkeh sikotok (memiliki helai daun kecil, berwarna hijau kehitaman, mengkilap, cabang yang cukup rimbun, memiliki Bunga yang tiap tumpunnya terdiri dari 20-50 bunga berwarna kuning kemerahan); (c) Cengkeh zanzibar (memiliki helai daun panjang, berwarna hijau gelap, bunga berwarna kemerahan). Keunggulan dari tanaman cengkeh ini adalah produksi yang sangat tinggi sehingga varietas ini merupakan varietas yang terbaik.

Tanaman cengkeh pada umumnya menghasilkan bunganya pada usia 4-7 tahun. Tanaman ini merupakan tanaman tropis yang sangat cocok untuk ditanam di Indonesia. Cengkeh menginginkan iklim yang panas dengan konsumsi sinar matahari 8 jam per hari, dengan tingkat hujan yang merata karena cengkeh tidak tahan terhadap iklim panas yang berkepanjangan. Curah hujan optimal yang sangat bagus untuk tanaman cengkeh yaitu berkisar 1500-4500 mm/tahun dengan suhu 22-30°C dan kelembaban udara berkisar 60-80% (Luthfi dan Kurniawati, 2018).

Bagian utama dari tanaman cengkeh yang bernilai komersial adalah bunganya yang sebagian besar digunakan dalam industri rokok. Selain itu bunga cengkeh dimanfaatkan untuk industri kimia, industri makanan, minuman, kosmetik, obat-obatan (farmasi), dan pestisida nabati. Namun demikian, dengan adanya penemuan baru bagian tanaman lain dari cengkeh yaitu daun dan tangkai bunganya telah pula dimanfaatkan sebagai sumber minyak cengkeh yang digunakan dalam industri farmasi, kosmetik dan lain-lain. Produk makanan yang menggunakan cengkeh di antaranya adalah bumbu kare (*curry powder*), saus dan makanan yang dipanggang (*baked foods*) (Nurdjannah, 2004). Proses pengolahan bunga menjadi bunga cengkeh yang kering melalui beberapa tahap, yaitu: panen, perontokan (pemisahan gagang dan bunga), pemeraman, pengeringan dan sortasi. Pada umumnya bunga cengkeh kering disajikan dalam bentuk utuh, tetapi ada juga yang disajikan dalam bentuk bubuk dengan cara menggiling bunga kering. Tingkat kehalusan dari bubuk cengkeh yang dihasilkan bermacam-macam tergantung dari bahan baku, penggunaan dan selera konsumen di tiap negara.

Standar mutu cengkeh di Indonesia ini sudah ada dalam Standar Nasional Indonesia (SNI) 01-3392-1994 yang mengelompokkan cengkeh ke dalam Mutu I, Mutu II dan Mutu III berdasarkan ukuran, warna, bau, bahan asing, gagang cengkeh, cengkeh inferior, cengkeh rusak, kadar air, dan kadar minyak atsirinya (Kristiningrum dan Lukiawan, 2011).

Pemanfaatan produk cengkeh lainnya adalah produk hasil ekstraksi dari bunga cengkeh seperti minyak cengkeh atau oleoresin. Minyak cengkeh dan oleoresin digunakan dalam jumlah sedikit karena keduanya mempunyai *flavour* yang sangat kuat (Leela dan Sapna, 2008).

Dalam ekstraksi minyak cengkeh melalui penyulingan dapat menggunakan dari daun (*clove leaf oil*), dari tangkai (*clove stem oil*) dan dari bunga (*clove bud oil*). Minyak cengkeh (*clove bud oil*) merupakan hasil penyulingan serbuk bunga cengkeh kering. Minyak atsiri jenis ini memiliki pasaran yang luas di industri farmasi, penyedap masakan dan wewangian. Kandungan minyak cengkeh adalah eugenol (90%), eugenil asetat, methyl n-heptill alckhol, benzil alkohol, metil salisilat, methyl n-amil karbinol dan terpena caryophyllene (Leela dan Sapna, 2008). Minyak tangkai cengkeh (*clove stem oil*) adalah mintak atsiri

hasil penyulingan tangkai kuntum cengkeh. Jenis minyak cengkeh terakhir adalah minyak daun cengkeh (*clove leaf oil*) adalah minyak atsiri hasil sulingan daun cengkeh kering (umumnya yang sudah gugur) (Nurdjannah, 2004).

Oleoresin cengkeh biasa dibuat dari bunga cengkeh dengan proses ekstraksi menggunakan pelarut organik. Ekstraksi dengan benzene menghasilkan oleoresin dengan rendemen 18-22% sedangkan dengan alcohol rendemennya sekitar 22-31%.

Oleoresin cengkeh biasanya digunakan dalam industri makanan dan minuman sebagai pengganti bunga cengkeh kering. Oleoresin mempunyai kelebihan dibandingkan dengan minyak cengkeh atau bunga cengkeh, karena di samping mengandung semua komponen flavour dari cengkeh, juga memudahkan dalam transportasinya karena tidak kamba dan tidak mengganggu penampakan dari produk makanan atau minumannya.

3.15 Ringkasan

1. Proses pengolahan pangan di industri pangan menggunakan bahan baku dalam bentuk bahan segar, bahan intermediet dan bahan tambahan pangan. Bahan yang digunakan dalam formulasi dapat berinteraksi satu sama lain, atau beriteraksi secara kimia atau fisik dengan kondisi pengolahan (suhu, tekanan, oksigen, kelembaban, dan sebagainya), yang dapat mempengaruhi karakteristik produk pangan yang dihasilkan. Interaksi yang terjadi sangat dipengaruhi oleh karakteristik bahan.
2. Bahan baku pangan sangat banyak jenisnya, yang secara umum dapat dikelompokkan sebagai bahan baku nabati (seperti sereal, umbi-umbian kacang-kacangan, sayur-sayuran, buah-buahan, rumput laut), dan bahan baku hewani (seperti daging, ikan, telur). Di samping itu terdapat kelompok bahan pangan hasil perkebunan sebagai bahan penyegar (cokelat, teh, dan kopi) dan rempah-rempah dan bahan penyegar (seperti lada, jahe, pala, kayu manis dan cengkeh). Karakteristik masing-masing bahan bersifat unik yang sangat dipengaruhi oleh komposisi kimianya. Karakteristik bahan pangan

sangat penting diperhatikan dalam proses pengolahan pangan, karena sangat mempengaruhi dalam proses pengolahan, mutu produk yang dihasilkan (fisik, kimia dan sensori) dan stabilitasnya selama penyimpanan.

3. Komposisi pangan merupakan susunan komponen atau substansi pada suatu bahan pangan. Tabel komposisi pangan memberi informasi mengenai jenis komponen dan jumlah masing-masing komponen pada suatu bahan pangan. Jenis komponen yang tercantum dalam tabel komposisi pangan meliputi protein, lemak, karbohidrat (dalam bentuk pati, gula, dan serat), vitamin dan mineral. Berdasarkan tabel komposisi pangan, maka dapat diperkirakan kandungan gizi suatu produk pangan hasil formulasi.

3.16 Pustaka

- Abdelghafor, R.F., Mustafa, A.I., Ibrahim, A.M.H., Krishnan, P. G. 2011. Quality of bread from composite flour of sorghum and hard white winter wheat. *Advance Journal of Food Science and Technology*. 3: 9-15.
- Abdelseed, B.H., Abdalla, A.H., El-Gasim, A., Yagoub, A., Ahmed, I.A.M., Babiker, E.E. 2011. Some Nutritional Attributes of Selected Newly Developed Lines of Sorghum (*Sorghum bicolor*) after Fermentation. *Journal of Agricultural Science and Technology*. 13: 399-409.
- Adiakurnia, M.I. 2017. Dari Latte sampai Espresso, Ini Cara Bedakan 5 Jenis Kopi Modern. Retrieved June 20, 2020, from <https://travel.kompas.com/read/2017/08/21/200300227/darilatte-sampai-espresso-ini-cara-bedakan-5-jenis-kopi-modern?page=all>.
- Aini, N. 2013. *Teknologi Fermentasi Pada Tepung Jagung* (1st ed.). Yogyakarta: CV Graha Ilmu.
- Anderson, A.A.H.A., Åman, P. 2008. Functional barley products. Di dalam: Hamaker, B.R. (Editor), *Technology of Functional Cereal Foods*. Hal. 548. Cambridge: Wood-head Publishing Limited.

- Anonim. 2007. Mengenal Teh (Proses Pengolahan, Jenis dan Kandungannya). Retrieved from <https://haryadhaagustian.wordpress.com/2009/05/24/mengenalteh-pembuatan-dankandungannya-bagian-pertama/>
- Anonim. 2020. Macam - Macam Olahan Kopi. Retrieved from <https://hamparankopi.blogspot.com/2018/10/macam-macam-olahan-kopi.html>
- No Title Badan Standar-disasi Nasional. 2020. Standar Nasional Indonesia.
- Balai Pengkajian Teknologi Pertanian. 2012. Petunjuk Teknis Budidaya Tanaman Jahe. Medan: BPTP Sumatra Utara.
- Barry, L. 2008. Seaweed, potential as a marine vegetable and other opportunities. Australia: Rural Industries Research and Development, (08).
- Belitz, H.D., W. Grosch, P. Schieberle. 2009. Food Chemistry. 4th revised and extended edition. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg.
- Brownlee, I.A., Fairclough, A.C., Hall, A.C., Paxman, J.R. 2011. The potential health benefits of seaweed and seaweed extracts. Seaweed: Ecology, Nutrient Composition and Medicinal Uses. Hal. 119-135.
- Charley, H., Weaver, C. (1998). Foods A Scientific Approach (K. M. Davis, Ed.). New Jersey: Prentice-Hall.
- Coffee and Cocoa Training Center Indonesia. 2020. Beberapa standar pemeringkatan mutu biji kopi. Retrieved from <https://www.cctcid.com/2018/08/29/beberapastandardpemeringkatan-mutu-biji-kopi-2/>
- Departemen Perindustrian. 2009. Roadmap Industri Pengolahan Kopi. Jakarta: Direktorat Jenderal Industri Agro dan Kimia, Departemen Perindustrian RI.
- Feiner, G. 2006. Meat Products Handbook: Practical Science and Technology. Woodhead Publishing, Cambridge, England.
- Gabaza, M., Shumoy, H., Muchuweti, M., Vandamme, P., Raes, K. 2018. Iron and zinc bioaccessibility of fermented maize, sorghum and millets from five locations in Zimbabwe. Food Research International. 103: 361-370.
- Hamaker, B.R. 2008. Technology of Functional Cereal Products. Cambridge: Woodhead Publishing Limited.

- Hansen, H.B., Rasmussen, C.V, Knudsen, K.E.B, Hansen, A. 2003. Effect of genotype and harvest year on content and composition of dietary fibre in rye (*Secale cereale* L.) grain. *Journal Science, Food and Agriculture*. 83, 76-85.
- Hariyadi, P., Aini, N. 2015. *Dasar-dasar Penanganan Pasca Panen Buah dan Sayur*. Bandung: Alfabeta.
- Jadhav, S.J., Kadam, S.S. 1998. Potato. Di dalam: Salunkhe, D.K., Kadam, S.S. (Editor), *Handbook of Vegetable Science and Technology*. Hal. 721. New York: Marcel Dekker.
- Kadam, S.S., Chavan, J.K. 1998. Other legumes. Di dalam: Salunkhe, D.K., Kadam, S.S. (Editor), *Handbook of Vegetable Science and Technology*. Hal. 721. Madison: Marcel Dekker.
- Kauffmann, R.G. 2012. Meat Composition. Di dalam: Hui, Y.H. (Editor). *Meat and Meat Processing*. CRC Press, Taylor and Francis Group. Boca Raton. Florida.
- Kent, N.L., Evers, A.D. 1994. *Technology of Cereals*. Oxford, UK: Pergamon.
- Kim, Y. H. B., Ma, D., Setyabrata, D., Farouk, M.M., Lonergan, S.M., Huff-Lonergan, E., Hunt, M.C. 2018. Understanding postmortem biochemical processes and post-harvest aging factors to develop novel smart-aging strategies. *Meat Science*, Vol. 144, Hal. 74–90.
- Kotecha, P.M., Kadam, S.S. 1998. Sweet Potato. Di dalam: Salunkhe, D.K. Kadam, S.S. (Editor), *Handbook of Vegetable Science and Technology*. Hal. 721. New York: Marcel Dekker.
- Kristiningrum, E., Lukiawan, R. 2011. Kajian standar sektor rempah-rempah terkait dengan penolakan produk dalam mendukung peningkatan ekspor Indonesia. *Jurnal Standardisasi*. 13(1): 26–35.
- Kushwaha, U.K.S. 2016. Black rice: Research, history and development. Di dalam: *Black Rice: Research, History and Development*.
- Laville, E., Sayd, T., Morzel, M., Blinet, S., Chambon, C., Lepetit, J., Hocquette, J.F. 2009. Proteome changes during meat aging in tough and tender beef suggest the importance of apoptosis and protein solubility for beef aging and tenderization. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 57(22): 10755-10764.

- Lawrie, R.A., Ledward, D.A. 2006. *Lawrie's Meat Science* (7th ed.). Cambridge: CRC Press.
- Leela, N.K. 2008. Cinnamon and Casia. Di dalam: Parthasarathy, V.A., Chempakam, B., Zachariah, T.J. (Editor). *Chemistry of Spices*. Hal. 124–145). Cambridge: CABI.
- Leela, N.K., Sapna, V.P. 2008. Clove. Di dalam: Parthasarathy, V.A Chempakam, B. Zachariah, T. J. (Editor), *Chemistry of Spices*. Hal.146–164. Cambridge: CABI.
- Lela, N.K. 2008. Nutmeg and Mace. Di dalam: Parthasarathy, V.A., Chempakam, B., Zachariah, T.J. (Editor), *Chemistry of Spices*. Hal. 165–189. Cambridge: CABI.
- Li, C., Lu, Q., Liu, Z., Yan, H. 2018. Effects of the addition of gluten with different disulfide bonds and sulfhydryl concentrations on Chinese white noodle quality. *Czech Journal of Food Science*. 36(3): 246-254.
- Luthfi, M., Kurniawati, A. 2018. Pengelolaan panen bunga cengkih (*Syzygium aromaticum* L.) di Kebun Branggah Banaran, Blitar, Jawa Timur. *Buletin Agrohortikultura*. 6(2): 188–197.
- McHugh, D.J. 2003. Seaweeds Uses as Human Foods. Di dalam: *A Guide to the Seaweed Industri*.
- Moorthy, S.N. 2004. Tropical sources of starch. Di dalam: Eliasson, A.C. (Editor), *Starch in Food*. Hal. 598. Cambridge: Woodhead Publishing Limited.
- Murano, P. S. 2003. *Understanding Food Science and Technology*. Peter Marshall Inc.
- Nurdjannah, N. 2004. Diversifikasi penggunaan cengkeh. *Perspektif*. 3(2): 61-70.
- Nurdjannah, N. 2007. *Teknologi Pengolahan Pala*. Di dalam: Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Pascapanen Pertanian. Bogor: Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Pascapanen Pertanian.
- Nuriana, A., Aini, N., Karseno, K. 2019. Formulasi Breakfast Meal Flakes dari Tepung Suweg dan Stabilized Rice Bran Menggunakan Metode Respon Permukaan. *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan*. 8(2): 52–59.

- Oduor, S., Akoth, C.O., Mwanjallah, A.M., Kagwiria, J.O., Mutiso, F.M. 2010. Effects of malting and fermentation treatments on group B-vitamins of red sorghum, white sorghum and pearl millets in Kenya. *Journal of Applied Biosciences*. 34: 2128–2134.
- Oehlenschläger, J. 2010. Introduction—Importance of Analysis in Seafood and Sea-food Products, Variability and Basic Concepts. Di dalam: Nollet, L.M.L., Toldra, F. (Editor), *Handbook of Seafood and Seafood Product Analysis*. Hal. 910. London: CRC Press.
- Oehlenschläger, J., Rehbein, H. 2009. Basic facts and figures. Di dalam: Rehbein, H., Oehlenschläger, J. (Editor), *Fishery Products Quality, safety and authenticity*. Hal. 471. Oxford: WileyBlackwell.
- Omolola, A.O., Kapila, P.F., Mchau, G.A. 2017. Mini review effect of selected pro-cessing and modification methods on quality of cassava and its starch. *Asian Journal of Agricultural Research*. 11(3): 48-56.
- Paliyath, G., Murr, D.P. 2008. Common fruits, vegetables, flowers, and their quality characteristics. Di dalam: G. Paliyath, D. P. Murr, A. K. Handa, S. Lurie (Editor), *Postharvest Biology and Technology of Fruits, Vegetables and Flowers*. Hal. 482. Iowa: Wiley-Blackwell.
- Rees, D., Hammond, L. 2002. Biology of plant commodities. Di dalam: Golob, P., Farrell, G., Orchard, J.E. (Editor), *Crop Post-Harvest: Science and Technology Principles and Practice*. Hal. 547. Berlin: Blackwell Science Ltd.
- Rehault-Godbert, S., Guyot, N., Nys, Y. 2019. The golden egg: nutritional value, bio-activities, and emerging benefit for human health. *Nutrients*. 11:684.
- Rismunandar, R., Paimin, F.B. 2001. *Kayu Manis: Budi Daya dan Pengolahan*. PT Penebar Swadaya.
- Rohdiana, D. 2015. Teh: Proses, Karakteristik dan Karakter Fungsionalnya. *Food Review Indonesia*. 34–37.
- Shao, Y., Xu, F., Sun, X., Bao, J., Beta, T. 2014. Identification and quantification of phenolic acids and anthocyanins as antioxidants in bran, embryo and endosperma of white, red and black rice kernels (*Oryza sativa* L.). *Journal of Cereal Science*. 59(2): 211-218.

- Simpson, M.G. 2006. *Plant Systematics*. Canada: Elsevier Applied Science.
- Sipahelut, S.G., Telussa, I. 2011. Karakteristik minyak atsiri dari daging buah pala melalui beberapa teknologi proses. *Jurnal Teknologi Hasil Pertanian*. 4(2): 126-134.
- Smith, J.L., Summers, G., Wong, R. 2010. Nutrient and heavy metal content of edible seaweeds in New Zealand. 0671.
- Sun, Q., Han, Z., Wang, L., Xiong, L. 2014. Physicochemical differences between sorghum starch and sorghum flour modified by heat-moisture treatment. *Food Chemistry*. 145: 756-764.
- Suparmi, Sahri, A. 2009. Mengenal potensi rumput laut: kajian pemanfaatan sumber daya rumput laut dari aspek industri dan kesehatan. *Sultan Agung Jurnal*. 44(118): 95-116.
- Taylor, J.R.N., Emmambux, M.N. 2008. Products containing other speciality grains: sorghum, the millets and pseudocereals. Di dalam: Hamaker, B.R. (Editor), *Technology of Functional Cereal Foods*. Hal. 548. Cambridge: Woodhead Publishing Limited.
- Thitipramote, N., Pradmeeteekul, P., Nimkamnerd, J., Chaiwut, P., Pintathong, P., Thitilerdecha, N. 2016. Bioactive compounds and antioxidant activities of red (brown red jasmine) and black (kam leum pua) native pigmented rice. *International Food Research Journal*: 23(1): 410-414.
- Titchenal, C. A., Dobbs, J. 2004. Nutritional Value of Vegetables. Di dalam: Hui, Y.H., Ghazala, S., Graham, D.M., Murrell, K.D., Nip, W. (Editor), *Handbook of Vegetable Preservation and Processing*. Hal. 723. Marcel Dekker.
- UNIDO. 2004. *Small-scale Root Crops and Tubers*. Vienna: United Nations Industrial Development Organization.
- Wahyudi, T. 1992. *Teknologi Pengolahan Kakao*. Kumpulan Bahan Pelatihan Teknik Budidaya dan Pengolahan kakao. (Buku II). Jember: Pusat Penelitian Perkebunan Jember.
- Walstra, P., Geurts, T.J., Noomen, A., Jellema, A., van Boekel, M.A.J.S. 1999. *Dairy Technology Principles of Milk Properties and Processes*. New York: Marcel Dekker Inc.

- Wankhede, D.B., Satwadhar, P.N., Sawate, A.R. 1998. Cassava. Di dalam: Salunkhe, D.K., Kadam, S.S. (Editor), Handbook of Vegetable Science and Technology. Hal. 721. New York: Marcel Dekker Inc.
- Zachariah, T.J. 2008. Ginger. Di dalam: Parthasarathy, V.A., Chempakam, B., Zachariah, T.J. (Editor), Chemistry of Spices. Hal. 70-96. Cambridge: CABI.
- Zachariah, T.J., Parthasarathy, V.A. 2008. Blackpepper. Di dalam: Parthasarathy, V.A., Chempakam, B., Zachariah, T.J. (Editor), Chemistry of Spices. Hal. 21-40. Cambridge: CABI.

Latihan

Petunjuk: Untuk memahami materi pada Bab 3 ini, kerjakan soal berikut. Pilih satu jawaban yang benar.

1. Pernyataan yang benar mengenai komposisi bahan pangan adalah sebagai berikut:
 - a. Hanya terdiri dari karbohidrat, protein, dan lemak.
 - b. Satu kelompok bahan pangan yang sama memiliki komponen yang hampir sama dengan jumlah bervariasi.
 - c. Bahan pangan yang diproses memiliki komposisi bahan pangan sama dengan bahan bakunya.
 - d. Bervariasi dalam jenis dan jumlah komponennya.
2. Pernyataan yang salah mengenai kelompok sereal dan umbi-umbian adalah sebagai berikut:
 - a. Sereal dan umbi-umbian merupakan sumber karbohidrat.
 - b. Umbi-umbian memiliki kadar protein lebih rendah daripada sereal.
 - c. Sereal memiliki kadar air lebih tinggi daripada umbi-umbian.
 - d. Bahan baku yang potensial untuk diolah menjadi tepung dan pati.

3. Umbi-umbian yang memiliki kadar asam sianida tinggi adalah:
 - a. Kimpul
 - b. Gadung
 - c. Ubi kayu
 - d. Talas
4. Di antara jenis kacang-kacangan berikut, yang memiliki kadar lemak terendah adalah”
 - a. Kacang tanah
 - b. Kedelai
 - c. Kacang hijau
 - d. Almond
5. Pembentukan tekstur daging menjadi lunak dan kenyal serta timbulnya flavor enak terjadi pada fase:
 - a. Pre-rigor
 - b. Post-rigor
 - c. Rigor-mortis
 - d. Setelah penyembelihan
6. Unit kontraktil dari serat daging disebut :
 - a. Sarkomer
 - b. Aktin
 - c. Miosin
 - d. Miofibril
7. Berdasarkan strukturnya, bagian telur yang memiliki nilai gizi protein tinggi adalah:
 - a. Cangkang
 - b. Putih telur
 - c. Kuning telur
 - d. Khalaza

8. Telur yang bermutu baik ditandai dengan kondisi berikut ini, kecuali:
 - a. Masih kecilnya rongga udara
 - b. Masih utuhnya cangkang
 - c. Membesarnya rongga udara
 - d. Bobot telur normal
9. Komponen pada telur yang berfungsi sebagai pengemulsi adalah:
 - a. Putih telur
 - b. Lesitin
 - c. Ovomucin
 - d. Lysozyme
10. Protein utama pada susu yang jumlahnya sekitar 80% dari total protein pada susu adalah:
 - a. Whey protein
 - b. Lactalbumin
 - c. Kasein
 - d. Lactoglobulin
11. Jenis rumput laut cokelat yang sering dikonsumsi adalah
 - a. *Porphyra*
 - b. *Laminaria*
 - c. *Palmaria palmata*
 - d. *Euचेuma spinosum*
12. Berikut merupakan seafood yang termasuk shellfish, kecuali
 - a. Tiram
 - b. Udang
 - c. Lobster
 - d. Ikan tuna

13. Berikut ini merupakan senyawa penyusun dinding sel buah/sayur adalah
 - a. Selulosa
 - b. Hemiselulosa
 - c. Protopektin
 - d. Semua benar
14. Senyawa polifenol didalam daun teh yang memiliki sifat antioksidan tertinggi adalah:
 - a. Epicatechin
 - b. Epigallocatechin gallate
 - c. Epicatechin gallate
 - d. Epigallocatechin (EGC)
15. Komponen di dalam lada yang berperan dalam memberi rasa pedas (*pungency*) adalah :
 - a. Oleoresin
 - b. Minyak atsiri
 - c. Fuli
 - d. Gingeron

Tugas Mandiri (*Challenge Questions*)

1. Identifikasi bahan sumber protein (nabati dan hewani) yang ada, serta jelaskan perbedaan pada masing-masing bahan tersebut!
2. Jelaskan satu fenomena yang dapat menjelaskan pengaruh karakteristik bahan pangan terhadap karakteristik pangan olahan selama proses pengolahan dan penyimpanan.
3. Sebutkan produk-produk olahan dari lada, dan jelaskan cara memproduksi masing-masing olahan tersebut!