



TEKNOLOGI PANGAN JILID 2

untuk SMK

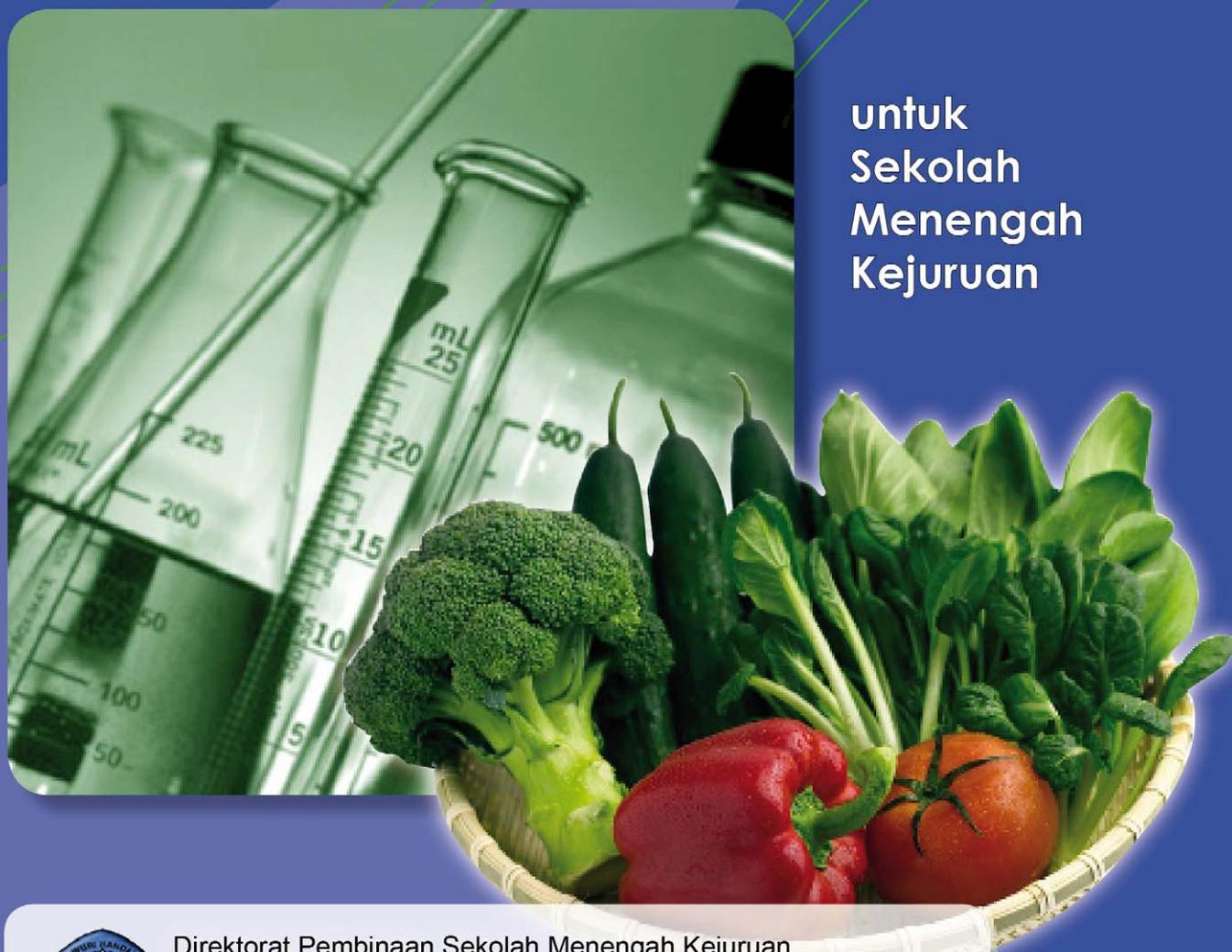
Sri Rini Dwiari



Sri Rini Dwiari, dkk

Teknologi Pangan

JILID 2



untuk
Sekolah
Menengah
Kejuruan



Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan
Direktorat Jenderal Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah
Departemen Pendidikan Nasional

Sri Rini Dwiari dkk

TEKNOLOGI PANGAN JILID 2

SMK



Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan

Direktorat Jenderal Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah
Departemen Pendidikan Nasional

Hak Cipta pada Departemen Pendidikan Nasional
Dilindungi Undang-undang

TEKNOLOGI PANGAN JILID 2

Untuk SMK

Penulis : Sri Rini Dwiari
Danik Dania Asadayanti
Nurhayati
Mira Sofyaningsih
Sandi Frida A.R. Yudhanti
Ida Bagus Ketut Widyana Yoga

Editor : Tarkus Suganda
Perancang Kulit : TIM

Ukuran Buku : 17,6 x 25,5 cm

DWI DWIARI, Sri Rini
t Teknologi Pangan Jilid 2 untuk SMK/oleh Sri Rini Dwiari,
Danik Dania Asadayanti, Nurhayati, Mira Sofyaningsih, Sandi Frida
A.R. Yudhanti, Ida Bagus Ketut Widyana Yoga ---- Jakarta :
Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan, Direktorat
Jenderal Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah,
Departemen Pendidikan Nasional, 2008.
v. 251 hlm
Daftar Pustaka : A1-A6
Glosarium : C1-C23
ISBN : 978-979-060-165-9

Diterbitkan oleh
Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan
Direktorat Jenderal Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah
Departemen Pendidikan Nasional
Tahun 2008

KATA SAMBUTAN

Puji syukur kami panjatkan kehadirat Allah SWT, berkat rahmat dan karunia Nya, Pemerintah, dalam hal ini, Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan Direktorat Jenderal Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah Departemen Pendidikan Nasional, telah melaksanakan kegiatan penulisan buku kejuruan sebagai bentuk dari kegiatan pembelian hak cipta buku teks pelajaran kejuruan bagi siswa SMK. Karena buku-buku pelajaran kejuruan sangat sulit di dapatkan di pasaran.

Buku teks pelajaran ini telah melalui proses penilaian oleh Badan Standar Nasional Pendidikan sebagai buku teks pelajaran untuk SMK dan telah dinyatakan memenuhi syarat kelayakan untuk digunakan dalam proses pembelajaran melalui Peraturan Menteri Pendidikan Nasional Nomor 45 Tahun 2008 tanggal 15 Agustus 2008.

Kami menyampaikan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada seluruh penulis yang telah berkenan mengalihkan hak cipta karyanya kepada Departemen Pendidikan Nasional untuk digunakan secara luas oleh para pendidik dan peserta didik SMK.

Buku teks pelajaran yang telah dialihkan hak ciptanya kepada Departemen Pendidikan Nasional ini, dapat diunduh (*download*), digandakan, dicetak, dialihmediakan, atau difotokopi oleh masyarakat. Namun untuk penggandaan yang bersifat komersial harga penjualannya harus memenuhi ketentuan yang ditetapkan oleh Pemerintah. Dengan ditayangkan *soft copy* ini diharapkan akan lebih memudahkan bagi masyarakat khususnya para pendidik dan peserta didik SMK di seluruh Indonesia maupun sekolah Indonesia yang berada di luar negeri untuk mengakses dan memanfaatkannya sebagai sumber belajar.

Kami berharap, semua pihak dapat mendukung kebijakan ini. Kepada para peserta didik kami ucapkan selamat belajar dan semoga dapat memanfaatkan buku ini sebaik-baiknya. Kami menyadari bahwa buku ini masih perlu ditingkatkan mutunya. Oleh karena itu, saran dan kritik sangat kami harapkan.

Jakarta, 17 Agustus 2008
Direktur Pembinaan SMK

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT karna berkat rahmat dan hidayahNya, penulis dapat menyelesaikan buku ajar untuk Sekolah Menengah Kejuruan Pertanian dengan judul TEKNOLOGI PANGAN. Buku ini merupakan hasil kerjasama antara penulis dengan Direktur Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan, Ditjen Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah, Departemen Pendidikan Nasional.

Buku Teknologi Pangan membahas tentang: pengetahuan bahan hasil pertanian, dasar-dasar proses pengolahan atau pengawetan, pasca panen, sanitasi, pengemasan, penanganan limbah, kimia pangan, bioteknologi dan analisis usaha.

Buku ini ditulis dengan tujuan dapat digunakan sebagai salah satu sumber bacaan atau referensi untuk meningkatkan wawasan di bidang teknologi pangan. Buku ini ditulis dengan mengacu pada Standar Kompetensi Nasional Bidang Teknologi Hasil Pertanian yang telah diterbitkan oleh Departemen Pendidikan Nasional Republik Indonesia.

Pada kesempatan ini, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Direktur Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan, Ditjen Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah, Departemen Pendidikan Nasional yang telah memberikan kesempatan untuk berpartisipasi dalam penulisan buku Teknologi Pangan.
2. Kepala PPPTK Pertanian Cianjur yang telah memberikan ijin dan kesempatan untuk menulis buku Teknologi Pangan.
3. Prof. Dr. Tarkus Suganda selaku editor yang telah memberikan masukan guna meningkatkan kesempurnaan buku ajar.
4. Dr. Ari Widodo dan Endang Prabandari selaku penilai yang telah memberikan masukan dalam penyempurnaan kelayakan kontekstual (isi dan penyajian).
5. Anna Widanarti dan Sugianto sebagai penilai yang telah memberikan masukan untuk penyempurnaan kelayakan bahasa.
6. Purwanto dan Heroe selaku penilai yang telah memberikan masukan untuk penyempurnaan kegrafikaan.
7. Ucapan terima kasih juga penulis sampaikan kepada pihak-pihak lain yang tidak dapat disebutkan satu persatu atas dorongan dan

masukannya, baik secara langsung maupun tidak langsung terhadap penulisan dan penyempurnaan buku ini.

Penulis mengharapkan masukan, saran dan koreksi dari para pembaca demi sempurnanya buku ini. Semoga buku Teknologi Pangan ini dapat memberikan manfaat bagi pembacanya. Amin.

Penulis

DISKRIPSI

Buku Teknologi Pangan ini membahas tentang pengetahuan bahan hasil pertanian, dasar-dasar proses pengolahan atau pengawetan, pasca panen, sanitasi, pengemasan, penanganan limbah, kimia pangan, bioteknologi dan analisis usaha.

Dalam pengetahuan bahan hasil pertanian, dijelaskan mengenai: pengetahuan bahan untuk buah-buahan, sayuran, daging, komoditas hasil perikanan, telur, susu dan komoditas curai.

Dasar-dasar proses pengolahan atau pengawetan, membahas: penggunaan/pengawetan suhu tinggi, penggunaan/pengawetan suhu rendah, pengecilan ukuran, pengeringan, penggulaan, fermentasi, bahan tambahan makanan, pencampuran, pengasapan dan pengasaman.

Penanganan Pasapanen produk nabati dan hewani, membahas tentang: metabolisme bahan pangan, klimakterik dan kelayuan, sifat hasil pertanian, penanganan pascapanen produk nabati, dan penanganan pascapanen produk.

Sanitasi membahas: definisi, bakteri indikator sanitasi, *Escherichia coli* dan coliform, sumber-sumber kontaminan pangan, jenis-jenis saniter, sanitasi pekerja, sanitasi bangunan/ruang dan fasilitas, sanitasi lingkungan, penanggulangan kontaminasi,

keamanan pangan, serta keselamatan dan kesehatan kerja.

Pengemasan dan penyimpanan hasil pertanian pangan dan produknya, membahas: sejarah pengemasan, fungsi dan peranan kemasan, klasifikasi pengemasan, jenis-jenis bahan pengemas, pembotolan (*bottling*), pengalengan dan peraturan-peraturan dalam kemasan.

Limbah, membahas tentang: pengelolaan limbah hasil pertanian pangan, limbah industri pertanian, penanganan limbah cair, teknologi pengomposan, limbah bahan berbahaya dan beracun (B3).

Kimia Pangan, membahas mengenai: karbohidrat, protein, lemak dan minyak, enzim, vitamin, mineral, komponen bioaktif dan pewarna sintetis.

Bioteknologi industri pangan, membahas tentang: fisiologi sel mikroba, fermentasi metabolit primer, fermentasi metabolit sekunder, teknologi fermentasi, *genetically modified organism* (GMO) dalam pangan, dan bioteknologi asam laktat.

Analisis kelayakan usaha, membahas tentang: usaha agroindustri tempe, pinjaman modal, skala usaha, biaya produksi, perhitungan pendapatan, hasil penjualan dan BEP (Break Even Point).

VI. PENGEMASAN DAN PENYIMPANAN HASIL PERTANIAN PANGAN DAN PRODUKNYA

6.1. Sejarah Pengemasan

Pengertian umum dari kemasan adalah suatu benda yang digunakan untuk wadah atau tempat dan dapat memberikan perlindungan sesuai dengan tujuannya. Adanya kemasan dapat membantu mencegah/mengurangi kerusakan, melindungi bahan yang ada di dalamnya dari pencemaran serta gangguan fisik seperti gesekan, benturan dan getaran. Dari segi promosi kemasan berfungsi sebagai perangsang atau daya tarik pembeli.

Bahan atau produk pangan bila tidak dikemas dapat mengalami kerusakan akibat serangan binatang (seperti tikus), serangga (seperti kecoa), maupun mikroba (bakteri, kapang dan khamir). Kerusakan bisa terjadi mulai dari bahan pangan sebelum dipanen, setelah dipanen, selama penyimpanan, pada saat transportasi dan distribusi maupun selama penjualan. Adanya mikroba dalam bahan pangan akan mengakibatkan bahan menjadi tidak menarik karena bahan menjadi rusak, terjadi fermentasi atau ditumbuhi oleh kapang. Bakteri yang tumbuh dalam bahan pangan akan mempengaruhi kualitasnya, disamping itu ada

kecenderungan menghasilkan senyawa beracun bagi konsumen (manusia), sehingga menimbulkan sakit, bahkan bisa menyebabkan kematian. Industri pangan hendaknya memproduksi bahan pangan yang memiliki kualitas bagus dan aman bila dikonsumsi. Pengemasan bahan pangan ikut berperan dalam menghasilkan produk dengan kualitas baik dan aman bila dikonsumsi.

Pengemasan menjadi hal yang penting karena akan memudahkan dalam kegiatan transportasi dan penyimpanan. Pengertian transportasi tidak selalu memindahkan barang dari satu tempat ke tempat lain. Akan tetapi bisa juga diartikan memindahkan bahan pangan dari piring atau gelas ke dalam mulut kita. Sebagai contoh: untuk minum diperlukan wadah atau gelas atau cangkir. Gelas atau cangkir ini juga merupakan salah satu wujud pengemasan. Contoh lain, memindahkan nasi dari piring ke mulut menggunakan sendok, maka sendok berperan sebagai bahan pengemas.

Sebelum dibuat oleh manusia, alam juga telah menyediakan kemasan untuk bahan pangan, seperti jagung dengan kelobotnya, buah-buahan dengan kulitnya,

buah kelapa dengan sabut dan tempurung, polong-polongan dengan kulit polong dan lain-lain. Manusia juga menggunakan kemasan untuk pelindung tubuh dari gangguan cuaca, serta agar tampak anggun dan menarik.

Pada mulanya, orang menggunakan daun yang lebar sebagai bahan pengemas, seperti daun jati, daun talas, dan daun pisang untuk membungkus daging. Kulit binatang digunakan untuk mengambil atau membawa air, keranjang bambu atau yang sejenis untuk menyimpan atau membawa hasil panen. Pada awal abad ke 19, Napoleon menginginkan bahan pangan yang dapat dibawa oleh tentara dalam jumlah banyak dan aman yang terkemas dengan baik. Kemudian dia menawarkan 12000 franc bagi siapa saja yang dapat menemukan suatu teknologi yang dapat membawa bahan pangan dalam jumlah banyak dan aman selama dalam transportasi maupun penyimpanan. Pada tahun 1810, seorang berkebangsaan Perancis bernama Nicolas Appert memenangkan hadiah tersebut. Dia mengembangkan pengemasan "*canning proses*" meskipun pada saat itu untuk pengemasan produk digunakan botol. Pada abad 19, dimana masyarakat di Amerika hidup berpindah-pindah dari satu tempat ke tempat lain untuk bercocok tanam, biasanya mereka menggunakan kereta atau dikenal dengan *wagon*. Untuk mempertahankan hidupnya sebelum tanaman yang mereka tanam dapat dipanen, maka mereka membawa makanan dalam kaleng. Karena makanan kaleng tersebut

dapat tahan lama dan aman dikonsumsi maka sejak itu pula pengembangan pengalengan di Amerika berkembang dengan pesat. Contoh di atas menunjukkan pada kita semua, bahwa pengemasan bahan pangan sangat erat hubungannya dengan kelangsungan hidup manusia. Oleh karena itu makanan harus tersedia kapan saja dan dimana saja di dunia ini. Untuk menyediakan bahan pangan yang tersedia kapan saja dan dimana saja, maka pengemasan menjadi hal yang penting selain teknologi pengolahannya.

Bahan kemasan yang sering digunakan untuk mengemas produk hasil pertanian adalah kayu, serat goni, plastik, kertas dan gelombang karton. Hasil-hasil pertanian yang dapat dimakan oleh manusia berasal dari sumber hewani dan nabati. Hasil pertanian itu dapat dikonsumsi dalam bentuk bahan mentah atau matang. Persiapan suatu hasil pertanian menjadi bentuk yang dapat dimakan melibatkan pengolahan. Di dalam proses pengolahan makanan terjadi perubahan-perubahan fisik maupun kimiawi yang dikehendaki atau tidak dikehendaki. Disamping itu setelah melalui proses pengolahan, makanan tadi tidak stabil, akan mengalami perubahan, sehingga sangat diperlukan pemilihan pengemasan yang tepat untuk itu sehingga masa simpan bahan pangan dapat ditingkatkan dan nilai gizi bahan pangan masih dapat dipertahankan.

Dengan demikian teknologi pengemasan dan pemilihan jenis bahan pengemas dirancang sedemikian rupa sehingga bahan pangan dapat terhindar dari serangan serangga maupun mikroba. Disamping itu juga dapat menghasilkan produk yang memiliki daya simpan yang relatif lama tetapi juga memiliki nilai nutrisi yang relatif masih baik pula, meningkatkan nilai tambah bahan yang dikemas seperti bahan/produk lebih menarik, harga jual lebih tinggi.

6.2. Fungsi dan Peranan Kemasan

Fungsi paling mendasar dari kemasan adalah untuk mawadahi dan melindungi produk dari kerusakan-kerusakan, sehingga lebih mudah disimpan, diangkut dan dipasarkan. Secara umum fungsi pengemasan pada bahan pangan adalah :

- a. Mewadahi produk selama distribusi dari produsen hingga kekonsumen, agar produk tidak tercecer, terutama untuk cairan, pasta atau butiran
- b. Melindungi dan mengawetkan produk, seperti melindungi dari sinar ultraviolet, panas, kelembaban udara, oksigen, benturan, kontaminasi dari kotoran dan mikroba yang dapat merusak dan menurunkan mutu produk.
- c. Sebagai identitas produk, dalam hal ini kemasan dapat digunakan sebagai alat komunikasi dan informasi kepada konsumen melalui label yang terdapat pada kemasan.

- d. Meningkatkan efisiensi, misalnya: memudahkan penghitungan (satu kemasan berisi 10, 1 lusin, 1 gross dan seterusnya), memudahkan pengiriman dan penyimpanan. Hal ini penting dalam dunia perdagangan.
- e. Melindungi pengaruh buruk dari produk di dalamnya, misalnya jika produk yang dikemas berupa produk yang berbau tajam, atau produk berbahaya seperti air keras, gas beracun dan produk yang dapat menularkan warna, maka dengan mengemas produk dapat melindungi produk-produk lain di sekitarnya.
- f. Memperluas pemakaian dan pemasaran produk, misalnya penjualan kecap dan sirup yang semula dikemas dalam botol gelas, namun sekarang berkembang dengan menggunakan kemasan botol plastik.
- g. Menambah daya tarik calon pembeli
- h. Sebagai sarana informasi dan iklan
- i. Memberi kenyamanan bagi konsumen.

Fungsi f, g dan h merupakan fungsi tambahan dari kemasan, akan tetapi dengan semakin meningkatnya persaingan dalam industri pangan, fungsi tambahan ini justru lebih ditonjolkan, sehingga penampilan kemasan harus betul-betul menarik bagi calon pembeli. Beberapa cara untuk meningkatkan penampilan kemasan:

- Kemasan dibuat dengan beberapa warna dan mengkilat sehingga menarik dan berkesan mewah

- Kemasan dibuat sedemikian rupa sehingga memberi kesan produk yang dikemas bermutu dan mahal
- Desain kemasan dibuat sedemikian rupa sehingga memudahkan bagi konsumen
- Desain teknik wadahnya selalu mengikuti teknik mutakhir sehingga produk yang dikemas terkesan mengikuti perkembangan terakhir.
- Kemasan bahan pangan akan meningkatkan biaya produksi

6.3. Klasifikasi Pengemasan

Menurut Syarief *et al* (1989), kemasan dapat digolongkan berdasarkan: frekuensi pemakaian, struktur sistem kemasan, sifat kekakuan bahan kemasan, sifat perlindungan terhadap lingkungan dan tingkat kesiapan pakai.

Berdasarkan frekuensi pemakaian, maka kemasan digolongkan menjadi tiga, yaitu:

Di samping fungsi-fungsi di atas, kemasan juga mempunyai peranan penting dalam industri pangan, yaitu :

- sebagai identitas produk
- media promosi
- media penyuluhan, seperti memberikan informasi tentang petunjuk cara penggunaan dan manfaat produk yang ada di dalamnya
- bagi pemerintah kemasan dapat digunakan sebagai usaha perlindungan konsumen
- bagi konsumen kemasan dapat digunakan sebagai sumber informasi tentang isi/produk, sebagai dasar dalam mengambil keputusan untuk membeli produk tersebut atau tidak.

Kemasan juga mempunyai beberapa kelemahan, seperti:

- Pengemasan bisa disalahgunakan oleh produsen karena digunakan untuk menutupi kekurangan mutu atau kerusakan produk, mempropagandakan produk secara tidak proporsional atau menyesatkan sehingga menjurus kepada penipuan atau pemalsuan. Sehingga sering disalahgunakan oleh produsen

- kemasan sekali pakai (*disposable*), merupakan kemasan yang langsung dibuang setelah digunakan. Contoh: daun pisang, daun waru, untuk membungkus tempe, daun jati untuk membungkus daging segar, kantong plastik untuk es.
- kemasan yang dapat digunakan beberapa kali (*multi trip*), seperti botol kecap, botol bir, botol teh dalam kemasan, peti telur, peti kemas dll.
- kemasan yang tidak dibuang atau digunakan kembali oleh konsumen (*semi disposal*). Wadah atau kemasan produk biasanya tidak dikembalikan ke produsen melainkan digunakan untuk wadah sesuatu oleh konsumen atau dibuang begitu saja. Contoh: kaleng susu bubuk dan beberapa jenis botol yang menarik bagi konsumen.

Berdasarkan struktur sistem kemas, maka bahan kemasan dapat dibedakan menjadi tiga, yaitu:

- kemasan primer, merupakan bahan kemasan yang digunakan untuk mengemas langsung produk makanan, seperti bungkus tempe, botol atau kaleng minuman, kantong keripik dll.
- kemasan sekunder, merupakan kemasan yang berfungsi melindungi produk yang sudah dikemas menggunakan kemasan primer. Kemasan ini akan membantu memudahkan kegiatan pengangkutan dan penyimpanan. Contoh: kardus untuk mengemas minuman dalam kaleng/botol/kardus, kaleng untuk mengemas permen dll.
- kemasan tersier, merupakan kemasan yang digunakan untuk mengemas produk setelah dikemas dalam kemasan primer dan sekunder. Kemasan ini memudahkan kegiatan pengangkutan, terutama untuk jarak jauh. Contoh: peti kemas.

Berdasarkan kekakuan bahan kemas, maka bahan kemasan dapat dibedakan menjadi tiga, yaitu:

- kemasan fleksibel, bahan jenis ini mudah dilenturkan atau dibentuk sesuai keinginan, contoh plastik, kertas, *aluminium foil*.
- kemasan kaku, kemasan ini tidak dapat ditekuk-tekuk atau tidak dapat dilenturkan, contoh bahan kemasan dari bahan gelas, kayu dan logam.

- kemasan semi kaku atau semi fleksibel, contoh botol plastik.

Berdasarkan sifat perlindungan terhadap kemasan, maka bahan kemasan dapat dibedakan menjadi tiga, yaitu:

- kemasan hermetis (kemasan tahan uap dan gas), merupakan wadah yang secara sempurna tidak dapat dilewati oleh udara maupun uap air. Selama kemasan ini masih dalam keadaan hermetis, maka kemasan tidak dapat ditembus oleh bakteri, kapang dan debu. Akan tetapi bila pada proses penutupan tidak sempurna atau salah akan mengakibatkan wadah tidak lagi hermetis. Dengan kata lain bakteri, kapang atau debu dapat masuk dalam kemasan, akibatnya produk pangan yang dikemas menjadi cepat rusak. Memberikan kemasan hermetis yang tidak berenamel dapat memberikan bau (odor) terhadap produk yang dikemas. Contoh kemasan hermetis: kaleng dan botol gelas.
- Kemasan tahan cahaya, wadah ini tidak transparan atau tidak tembus cahaya. Kemasan ini sangat cocok untuk mengemas produk yang banyak mengandung lemak dan vitamin tinggi dan makanan hasil fermentasi. Produk pangan yang mengandung lemak dan vitamin tinggi bila terkena cahaya langsung akan cepat mengalami oksidasi sehingga produk akan cepat mengalami

penurunan mutu. Disamping itu cahaya dapat mengaktifkan reaksi kimia dan reaksi enzimatis. Contoh: kemasan dari kertas, kardus, botol yang tidak tembus cahaya, plastik tidak tembus cahaya atau *aluminium foil*.

- Kemasan tahan suhu tinggi. Jenis kemasan ini banyak digunakan untuk mengemas produk yang memerlukan proses pemanasan, pasteurisasi atau sterilisasi.

Berdasarkan tingkat kesiapan pakai, maka bahan kemasan dibedakan menjadi dua, yaitu wadah siap pakai dan wadah siap dirakit.

6.4. Jenis-jenis bahan pengemas

Bila diperhatikan di pasaran maka untuk jenis produk yang berbeda umumnya jenis bahan pengemas yang digunakan berbeda pula, meskipun ada pula jenis produk yang sama maka jenis bahan pengemas yang digunakan bisa lebih dari satu jenis. Sebagai contoh: produk susu bubuk, ada yang dikemas langsung dalam *aluminium foil*, ada juga setelah dikemas dalam *aluminium foil* kemudian dikemas lagi dalam kardus, tetapi ada pula susu bubuk yang dikemas dalam kaleng. Contoh lain: produk keripik atau *chips*, produk ini ada yang dikemas dalam kantong plastik, ada pula yang dikemas dalam *aluminium foil*, ada juga setelah dikemas dalam *aluminium foil* kemudian dikemas lagi dalam kardus, tetapi

ada pula yang dikemas dalam kaleng yang terbuat dari kertas dengan diberi lapisan plastik tipis.

Menurut Griffin *et al.* (1985), bahan pengemasan dikelompokkan menjadi empat, yaitu:

- Keramik, yang termasuk dalam kelompok jenis ini adalah bahan-bahan dari gelas, dan keramik
- Logam, termasuk plat/lempengan timah (*tinplate*), aluminium
- Bahan alami (dari tanaman), seperti: kayu, serat tanaman dan karet
- Plastik

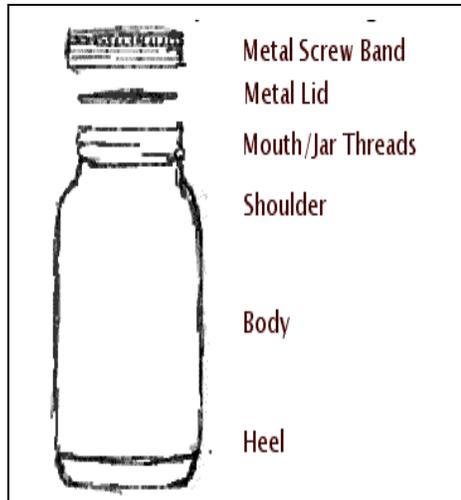
6.4.1. Keramik

Keramik diartikan sebagai bahan yang berasal dari partikel tanah termasuk dari pasir dan lempung. Bahan pengemas dari keramik merupakan bahan pengemas tertua. Umumnya bahan pengemas tersebut dalam bentuk botol, guci, pot atau vas bunga. Untuk fermentasi pada pembuatan kecap dan tauco biasanya digunakan wadah yang berasal dari tanah lempung. Biasanya guci juga digunakan untuk wadah minuman beralkohol.

6.4.2. Gelas/kaca

Bahan gelas terbuat dari 10% tanah lempung, 15% soda abu dan pasir silika sekitar 75%, kadang-kadang digunakan pula sedikit tambahan aluminium oksida, kalium oksida, magnesium oksida dan dicairkan pada suhu 1540 °C.

Pembentukan menjadi berbagai bentuk wadah dari gelas ini dilakukan pada saat adonan masih dalam kondisi semi padat, sehingga memudahkan pembentukan sesuai dengan keinginan (Griffin *et al*, 1985). Adapun bagian-bagian dari botol dapat dilihat pada Gambar 6.1 berikut ini.



Gambar 6.1. Bagian-bagian botol

Wadah atau bahan pengemas dari bahan gelas umumnya digunakan untuk mengemas bahan cair seperti parfum, bahan kosmetik (pelembab dan pembersih wajah), *pickle* (asinan), *jam* (selai), *jelly* dan lain-lain. Saat ini juga banyak digunakan untuk mengemas produk-produk padat untuk hiasan ruangan, contoh beberapa macam biji-bijian dikemas dalam satu botol gelas yang sama, biasanya produk ini untuk hiasan atau ornamen penataan meja makan. Gambar berikut ini merupakan beberapa contoh produk dengan menggunakan kemasan botol dari bahan gelas.

Pengemasan bahan/produk dengan menggunakan bahan gelas, memiliki beberapa keuntungan, yaitu: bersifat *inert* terhadap bahan kimia, jernih/transparan, tahan terhadap tekanan dari dalam, tahan panas dan relatif murah harganya.

Gelas bersifat *inert* terhadap bahan kimia

Gelas bersifat *inert* (lambat bereaksi) terhadap bahan kimia dan hampir tidak bereaksi dengan bahan/produk yang dikemas. Sifat *inert* dari bahan gelas memang relatif, namun hampir setiap bahan gelas tidak bereaksi dan tidak menimbulkan efek dengan bahan kimia. Kecuali asam hidroklorik berbentuk cair dapat bereaksi dengan cepat pada suhu kamar (Paine dan Paine, 1992). Disamping itu kemasan gelas dapat digunakan untuk mengemas bahan/produk berbentuk cair, padat dan gas karena mampu mencegah penguapan, kontaminasi bau atau flavor dari luar.

Pada suhu kamar, air dan larutan dapat bereaksi dengan gelas tetapi kecepatan reaksinya sangat rendah. Reaksi terjadi akibat adanya ion hydrogen dari air digantikan oleh natrium dari bahan gelas dalam jumlah yang sama. Akibatnya membentuk sodium hidroksida sehingga air atau cairan sedikit bersifat basa. Pada kondisi normal, pembentukan reaksi basa yang sangat kecil tersebut diabaikan, reaksi makin cepat dengan adanya kenaikan suhu, dan proses sterilisasi berulang

dengan suhu tinggi menyebabkan pembentukan ion sodium semakin tinggi. Oleh karena itu, untuk produk-produk yang sensitif terhadap basa, seperti obat-obatan atau cairan transfus maka digunakan kemasan gelas yang diberi perlakuan *sulphating* dengan cara memasukkan sulfur dioksida ke dalam bahan gelas pada suhu 500°C. Dengan demikian gas yang bersifat asam akan cepat bereaksi dengan sodium pada permukaan bahan gelas membentuk sodium sulfat. Sodium sulfat akan mudah tercuci oleh air.

Selain bersifat *inert* terhadap bahan kimia, gelas juga merupakan *barrier* (dapat melindungi) penguapan air dan gas. Namun kehilangan uap air dan gas masih dapat terjadi pada saat terjadi proses penutupan botol gelas.

Gelas memiliki sifat jernih

Bahan kemasan dari gelas memiliki keunggulan karena bahan gelas bersifat jernih. Dengan demikian pada saat pemasaran produk (terutama makanan dan minuman), maka konsumen dapat melihat langsung isi/produk dalam botol/wadah gelas. Untuk produk-produk yang tidak tahan terhadap cahaya, maka digunakan botol gelas berwarna, umumnya menggunakan warna coklat.

Gelas bersifat kaku/kokoh (*rigid*)

Sifat kemasan gelas yang kaku/kokoh (*rigid*) hampir bisa digunakan untuk mengemas

berbagai jenis produk. Hal ini dikarenakan bahan kemasan gelas lebih mudah dalam penanganannya selama proses pengisian, tahan terhadap tekanan dari luar. Kemasan gelas juga sangat baik untuk mengemas produk dengan kondisi *vacuum*.

Sifat kemasan gelas yang kaku/kokoh (*rigid*) kurang baik untuk mengemas produk *powder*, seperti bedak dan produk cair untuk bahan saniter, seperti sabun tangan cair, pengharum pakaian cair, lantai cair dan bahan-bahan yang sejenis. Hal ini dikarenakan kemasan gelas tidak dapat berfungsi sebagai dispenser bagi produk-produk tersebut.

Tahan terhadap tekanan dari dalam

Bahan kemasan gelas memiliki sifat tahan terhadap tekanan dari dalam. Oleh karena itu kemasan gelas sangat sesuai untuk mengemas minuman berkarbonat, seperti *soft drink*, bir dan bahan-bahan yang mengandung *aerosol*.

Tahan terhadap panas

Ketahanan bahan kemasan terhadap panas merupakan sifat yang penting selama proses pengemasan. Bahan gelas dapat tahan pada suhu 500°C. Ketahanan gelas terhadap panas ini akan menguntungkan selama proses:

- Pengisian dalam kondisi panas (*hot filling*).
Pengisian dalam kondisi panas diperlukan untuk mengemas produk-produk yang berbentuk

- pasta pada suhu kamar, seperti selai kacang (*peanut butter*), atau untuk menghasilkan hasil kemasan steril. Contoh: pengemasan jam (selai) dilakukan dalam kondisi panas untuk mencegah pertumbuhan kapang.
- Pemasakan atau sterilisasi produk dalam kemasan. Bir biasanya dilakukan pasteurisasi dalam kemasan, dengan demikian untuk mengemas produk ini digunakan bahan kemasan gelas karena tahan terhadap panas.
 - Sterilisasi kemasan kosong baik menggunakan uap panas maupun udara panas.
- Meskipun bahan kemasan gelas dapat tahan terhadap suhu tinggi, namun perbedaan suhu yang mencolok di dalam dan di luar kemasan dapat menyebabkan kemasan gelas retak atau pecah. Ketahanan terhadap perbedaan suhu tersebut dipengaruhi oleh bentuk dan ketebalan kemasan gelas. Adapun kisaran perbedaan suhu antara di luar dan di dalam kemasan tanpa mengalami retak atau pecah dapat dilihat pada Tabel 6.1.

Tabel 6.1. Perbedaan suhu di luar botol dan di dalam botol untuk menghindari botol retak atau pecah

Jenis botol	Perbedaan suhu
Botol kecil untuk obat-obatan (<i>vial</i>)	60 – 80 °C
Botol ukuran sedang, ringan, seperti botol jam, <i>pickle</i>	50 – 70 °C
Botol ukuran sedang, dinding kemasan tebal, seperti botol wine/anggur dan bir	45 – 60 °C
Botol ukuran sedang, seperti botol untuk susu, bir	30 – 40 °C

Sumber: Paine dan Paine (1993)

Harga kemasan gelas murah

Harga kemasan gelas relatif murah, karena botol habis pakai masih bisa digunakan untuk mengemas ulang produk yang sama atau dapat digunakan untuk mengemas produk lain.

Akan tetapi pengemasan dengan bahan gelas juga memiliki kelemahan karena bahan gelas

bersifat transparan maka produk dalam kemasan harus disimpan pada tempat yang tidak terkena cahaya matahari langsung (untuk menghindari oksidasi), kemasan gelas relatif berat dan mudah pecah sehingga diperlukan kemasan sekunder untuk melindunginya, bahan gelas merupakan konduktor yang buruk sehingga tidak dapat didinginkan dengan cepat. Bahan kemasan gelas yang mengalami

retak atau pecah dapat membahayakan pekerja maupun konsumen. Misalnya saja kemasan gelas selama proses pengolahan mengalami pecah, kemudian ada serpihan/potongan kaca kemasan gelas masuk dalam produk, karena sulit untuk mendeteksi ada tidaknya potongan/serpihan kaca dalam produk, maka produk tersebut akan sangat berbahaya bila tertelan oleh konsumen.

6.4.3 Logam

Bahan logam yang dimaksud termasuk bahan kemasan yang menggunakan bahan tembaga, perak dan emas atau campuran dari bahan-bahan tersebut. Bahan tersebut dibuat sedemikian rupa sehingga mudah dilakukan pembentukan. Karena emas dan perak relatif mahal maka digunakan pula bahan dari timah, seng, kuningan dan besi tahan karat (*stainless steel*). Bahan kemasan dari *stainless steel* banyak digunakan dalam industri pangan karena bahan ini hampir tidak bereaksi dengan bahan pangan. Bahan *stainless steel* yang beredar di pasaran juga memiliki berbagai kualitas, tergantung dari jenis bahan baku yang digunakan. Pemilihan peralatan atau bahan kemasan dari *stainless steel* harus hati-hati, karena saat ini banyak peralatan terbuat dari seng atau logam lain kemudian dilapisi dengan *stainless steel*. Bahan demikian biasanya mudah mengalami korosi atau berkarat terutama pada bagian sambungan atau setelah kontak dengan bahan asam dalam jangka waktu lama.

Keuntungan wadah kaleng untuk makanan dan minuman :

- mempunyai kekuatan mekanik yang tinggi
- *barrier* (pelindung/penahan) yang baik terhadap gas, uap air, jasad renik, debu dan kotoran sehingga cocok untuk kemasan hermetis.
- Toksisitasnya relatif rendah meskipun ada kemungkinan migrasi unsur logam ke bahan yang dikemas.
- Tahan terhadap perubahan-perubahan atau keadaan suhu yang ekstrim

Bentuk kemasan dari bahan logam yang digunakan untuk bahan pangan yaitu : bentuk kaleng tinsplate, kaleng aluminium, bentuk aluminium foil. Kaleng tinsplate banyak digunakan dalam industri makanan dan digunakan sebagai komponen utama untuk tutup botol atau jars. Kaleng aluminium banyak digunakan dalam industri minuman. Aluminium foil banyak digunakan sebagai bagian dari kemasan bentuk kantong bersama-sama/dilaminasi dengan berbagai jenis plastik, dan banyak digunakan oleh industri makanan ringan, susu bubuk dan sebagainya.

6.4.4 Aluminium

Bahan pengemas dari aluminium banyak diaplikasikan sebagai bahan kaleng, bahan pengemas yang agak kaku dan bahan pengemas yang fleksibel. Contoh bahan pengemas dari aluminium yang fleksibel adalah *aluminium*

foil. Bahan pengemas dari *aluminium foil* memiliki kelebihan karena bersifat *impermeable* (tidak dapat ditembus) oleh cahaya, gas, air, bau dan bahan pelarut yang tidak dimiliki oleh bahan pengemas fleksibel lainnya. *Aluminium foil* banyak digunakan untuk mengemas produk coklat, bahan-bahan *bakery*, produk olahan susu, keripik dan lain-lain.

Aluminium merupakan logam yang memiliki beberapa keunggulan yaitu lebih ringan

daripada baja, mudah dibentuk, tidak berasa, tidak berbau, tidak beracun, dapat menahan masuknya gas, mempunyai konduktivitas panas yang baik dan dapat didaur ulang. Tetapi penggunaan aluminium sebagai bahan kemasan juga mempunyai kelemahan yaitu kekuatan (rigiditasnya) kurang baik, sukar disolder sehingga sambungannya tidak rapat akibatnya dapat menimbulkan lubang pada kemasan, harganya lebih mahal dan mudah berkarat sehingga harus diberi lapisan tambahan.

Reaksi aluminium dengan udara akan menghasilkan aluminium oksida yang merupakan lapisan film yang tahan terhadap korosi dari atmosfer. Penggunaan aluminium sebagai wadah kemasan, menyebabkan bagian sebelah dalam wadah tidak dapat kontak dengan oksigen, hal ini menyebabkan terjadinya pengkaratan di bagian dalam kemasan. Untuk mencegah terjadinya karat, maka di bagian dalam dari wadah aluminium ini harus diberi lapisan enamel.

Secara komersial penggunaan aluminium murni tidak menguntungkan, sehingga harus dicampur dengan logam lainnya untuk mengurangi biaya dan memperbaiki daya tahannya terhadap korosi. Logam-logam yang biasanya digunakan sebagai campuran pada pembuatan wadah aluminium adalah tembaga, magnesium, mangan, khromium dan seng (pada media alkali).

6.4.4.1. Aluminium foil

Aluminium foil adalah bahan kemasan berupa lembaran logam aluminium yang padat dan tipis dengan ketebalan <0.15 mm. Kemasan ini mempunyai tingkat kekerasan dari 0 yaitu sangat lunak, hingga H-n yang berarti keras. Semakin tinggi bilangan H-, maka aluminium foil tersebut semakin keras. Ketebalan dari aluminium foil menentukan sifat protektifnya. Jika kurang tebal, maka foil tersebut dapat dilalui oleh gas dan uap. Pada ketebalan 0.0375 mm, maka permeabilitasnya terhadap uap air = 0, artinya foil tersebut tidak dapat dilalui oleh uap air. Foil dengan ukuran 0.009 mm biasanya digunakan untuk permen dan susu, sedangkan foil dengan ukuran 0.05 mm digunakan sebagai tutup botol multitrip.

Sifat-sifat dari aluminium foil adalah hermetis, fleksibel, tidak tembus cahaya sehingga dapat digunakan untuk mengemas bahan-bahan yang berlemak dan bahan-bahan yang peka terhadap cahaya seperti margarin dan

yoghurt. Aluminium foil banyak digunakan sebagai bahan pelapis atau laminan. Kombinasi aluminium foil dengan bahan kemasan lain dapat menghasilkan jenis kemasan baru yang disebut dengan *retort pouch*. Syarat-syarat *retort pouch* adalah harus mempunyai daya simpan yang tinggi, teknik penutupan mudah, tidak mudah sobek bila tertusuk dan tahan terhadap suhu sterilisasi yang tinggi.

Retort pouch mempunyai keunggulan dibanding kaleng, yaitu:

- Memiliki luas permukaan lebih besar dibandingkan kaleng dan kemasannya tipis sehingga memungkinkan terjadinya penetrasi
- Memiliki sifat perambatan panas yang lebih cepat dan lebih efisien. Dengan demikian waktu sterilisasi akan berkurang, maka mutu produk dapat diperbaiki, karena nilai gizinya lebih tinggi dan sifat-sifat sensori seperti rasa, warna dan tekstur dapat dipertahankan.
- *retort pouch* lebih disukai konsumen karena praktis dan awet,
- produk yang telah disterilisasi dalam kemasan *retort pouch* dapat langsung dikonsumsi tanpa harus dipanaskan.
- pemanasan cukup mudah, yaitu dengan cara memasukkan kemasan *retort pouch* ke dalam air mendidih selama 5 menit.
- dapat dipanaskan dalam *microwave oven*.

6.4.4.2. Penggunaan Aluminium untuk Kemasan Bahan Pangan

Aluminium dapat digunakan untuk mengemas produk buah-buahan dan sayuran, produk daging, ikan dan kerang-kerangan, produk susu dan minuman. Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam penggunaan kemasan aluminium adalah :

- Untuk produk buah. Aluminium yang digunakan untuk mengemas produk buah-buahan harus dilapisi dengan enamel untuk mencegah terjadinya akumulasi gas hidrogen yang dapat menyebabkan terbentuknya gelembung gas dan karat. Penyimpangan warna pada saus apel yang dikemas dengan aluminium, dapat dicegah dengan menambahkan asam askorbat
- Produk daging. Pengemasan daging dengan wadah aluminium tidak menyebabkan terjadinya perubahan warna sebagaimana yang terjadi pada logam lain. Produk yang mengandung asam amino dengan sulfur seperti daging dan ikan dapat bereaksi dengan besi dan membentuk noda hitam. Penambahan aluminium yang dipatri pada kaleng *tin plate* dapat mencegah pembentukan noda karat.
- Ikan dan kerang-kerangan. Pengemasan ikan sarden dalam minyak atau saus tomat dan saus mustard dengan kemasan aluminium yang berlapis enamel, maka pH nya

tidak boleh >3.0, karena jika lebih besar maka enamel tidak dapat melindungi produk. Pengemasan lobster dengan kaleng aluminium tidak memerlukan kertas perkamen yang biasanya digunakan untuk mencegah perubahan warna pada kaleng *tinplate*.

- Produk susu. Kemasan aluminium untuk produk susu memerlukan lapisan pelindung, terutama pada susu kental yang tidak manis. Penggunaan aluminium untuk produk-produk susu seperti margarin dan mentega bertujuan untuk melindungi produk dari cahaya dan O₂.
- Minuman. Pengemasan minuman dengan wadah aluminium harus diberi pelapis, epoksivinil atau epoksi jernih untuk bir dan epoksivinil atau vinil organosol untuk minuman ringan atau minuman berkarbonasi. Pengemasan teh dengan aluminium yang tidak diberi pelapis dapat menyebabkan terjadinya perubahan warna dan flavor.

6.4.5 Kayu

Kayu umumnya digunakan sebagai *container* (peti kemas). Kayu banyak digunakan sebagai peti kemas karena dapat dibuat sesuai dengan ukuran yang diinginkan, meskipun tidak sekuat peti kemas yang terbuat dari logam (untuk ketebalan bahan yang sama). Disamping sebagai peti kemas, kayu juga dibuat untuk wadah atau kemasan telur, tomat, buah-buahan dan lain-lain. Wadah dari

kayu juga masih banyak dijumpai untuk menyimpan bahan-bahan yang akan difermentasi, dan *whey* (limbah tahu). Saat ini juga berkembang kemasan produk-produk eksklusif menggunakan bahan kayu dengan bentuk yang unik dan menarik.

Bahan kayu untuk kemasan ada yang berasal dari papan kayu, triplek atau dari bahan potongan kayu yang dilem sedemikian rupa sehingga menyerupai papan.

Kayu merupakan bahan pengemas tertua yang diketahui oleh manusia, dan secara tradisional digunakan untuk mengemas berbagai macam produk pangan padat dan cair yang sudah dikemas seperti buah-buahan dan sayuran, teh, anggur, bir dan minuman keras. Kayu juga digunakan sebagai bahan baku dalam pembuatan pallet, peti atau kotak kayu di negara-negara yang mempunyai sumber kayu alam dalam jumlah banyak. Tetapi saat ini penyediaan kayu untuk pembuatan kemasan juga banyak menimbulkan masalah karena makin langkanya hutan penghasil kayu.

Penggunaan kemasan kayu baik berupa peti, tong kayu atau pallet sangat umum di dalam transportasi berbagai komoditas dalam perdagangan internasional. Pengiriman botol gelas di dalam peti kayu dapat melindungi botol dari resiko pecah. Kemasan kayu umumnya digunakan sebagai kemasan tersier untuk melindungi kemasan lain yang ada di dalamnya. Kelebihan kemasan kayu adalah memberikan

perlindungan mekanis yang baik terhadap bahan yang dikemas, memberikan bentuk tumpukan yang baik. Penggunaan kemasan kayu untuk anggur dan minuman-minuman beralkohol dapat meningkatkan mutu produk karena adanya transfer komponen aroma dari kayu ke produk. Penggunaan peti kayu untuk kemasan teh di beberapa negara juga masih lebih murah dibandingkan bahan pengemas lain.

Kelemahan dari penggunaan kayu sebagai kemasan adalah pengetahuan tentang struktur kayu, metode perakitan masih lemah. Hingga saat ini perakitan kemasan kayu masih dilakukan dengan cara yang sederhana, dan jarang sekali dilakukan pengamatan terhadap kandungan air kayu, rancang bangun/disain yang efisien, pengikatan/ pelekatan tidak dengan jenis pengikat dan ukuran yang benar, sehingga dihasilkan kemasan kayu dengan kekuatan yang rendah. Akibatnya nilai ekonomis kemasan kayu menjadi rendah.

Walaupun mempunyai kelemahan, tetapi kemasan kayu tetap digunakan pada industri-industri alat berat dan mesin. Kemasan kayu juga tetap merupakan alternatif untuk mengemas buah-buahan, sayur-sayuran dan ikan yaitu dengan kemasan kayu berat-ringan (*light-weight wooden*). Peranan kemasan kayu di masa depan masih tetap baik terutama pada aplikasi pallet, dan merupakan salah satu alternatif penting disamping kertas dan plastik.

6.4.5.1. Aplikasi Kemasan Kayu Untuk Bahan Pangan

Kemasan kayu yang berbentuk peti, krat atau tong kayu merupakan bentuk kemasan yang umum untuk pengangkutan berbagai komoditas dalam perdagangan internasional. Penggunaan peti kayu untuk transportasi botol minuman baik untuk melindungi botol agar tidak pecah. Pengemasan buah segar dalam transportasi hingga saat ini juga masih banyak dilakukan. Kemasan kayu biasanya digunakan sebagai kemasan tersier yaitu kemasan yang digunakan untuk mengemas kemasan lain yang ada di dalamnya.

Tanda atau label pada kemasan kayu harus berisi informasi tentang:

- Nama barang yang dikemas
- Ukuran
- Isi (jumlah atau volume bahan)
- Mutu Kayu
- Jenis Kayu
- Identitas dan nama perusahaan

6.4.5.2. Pallet Kayu

Pallet kayu banyak digunakan untuk transportasi barang dari satu departemen ke departemen lain dalam suatu perusahaan, atau dari produsen ke konsumen. Pallet kayu dapat dibagi menjadi 2 kelompok yaitu : pallet untuk satu kali perjalanan (*expendable pallets*) dan pallet yang bersifat permanen atau untuk beberapa kali perjalanan.

Pallet permanen bisa tahan sampai 15 bulan. Bagian bawah dari pallet kayu terdiri atas dasar dan kaki kemasan yang biasanya berbentuk datar dan terbuat dari papan yang tersusun teratur dan memiliki jarak tertentu. Kayu pada pallet mempunyai minimum 2 kaki penyangga yang sesuai dengan panjang kemasan. Dasar alas kemasan berupa papan kering dan kuat berukuran tebal. Kaki alas kemasan bisa dilepas atau diikat bersama kemasannya dengan paku.

6.4.6 Kertas atau Karton

Bahan kertas atau karton banyak digunakan sebagai bahan pengemas. Produk bakery (kue, roti dan pastry) biasanya dikemas dalam kertas atau karton. Karton jarang digunakan langsung sebagai bahan pengemas. Biasanya sebelum dikemas dalam karton, produk pangan dikemas dahulu dalam kemasan plastik, kemasan kaleng, kemasan botol atau kemasan dalam *tetra pack*.

Penggunaan karton sebagai kemasan sekunder biasanya ditujukan untuk melindungi produk dari kerusakan mekanis dan fisis. Disamping itu juga bertujuan untuk memudahkan dalam proses pengangkutan atau transportasi dan penyimpanan.

Kemasan kertas merupakan kemasan fleksibel yang pertama sebelum ditemukannya plastik dan aluminium foil. Saat ini kemasan kertas masih banyak digunakan

dan mampu bersaing dengan kemasan lain seperti plastik dan logam karena harganya yang murah, mudah diperoleh dan penggunaannya yang luas. Selain sebagai kemasan, kertas juga berfungsi sebagai media komunikator dan media cetak. Kelemahan kemasan kertas untuk mengemas bahan pangan adalah sifatnya yang sensitif terhadap air dan mudah dipengaruhi oleh kelembaban udara lingkungan.

Sifat-sifat kemasan kertas sangat tergantung pada proses pembuatan dan perlakuan tambahan pada proses pembuatannya. Kemasan kertas dapat berupa kemasan fleksibel atau kemasan kaku. Beberapa jenis kertas yang dapat digunakan sebagai kemasan fleksibel adalah kertas kraft, kertas tahan lemak (*grease proof*), Glassin dan kertas lilin (*waxed paper*) atau kertas yang dibuat dari modifikasi kertas-kertas ini. Wadah-wadah kertas yang kaku terdapat dalam bentuk karton, kotak, kaleng fiber, drum, cawan-cawan yang tahan air, kemasan tetrahedral dan lain-lain, yang dapat dibuat dari *paper board* (kertas berbentuk papan), kertas laminasi, *corrugated board* dan berbagai jenis *board/papan* dari kertas khusus. Wadah kertas biasanya dibungkus lagi dengan bahan-bahan kemasan lain seperti plastik dan foil logam yang lebih bersifat protektif.

6.4.6.1. Jenis-jenis Kertas

Ada dua jenis kertas utama yang digunakan, yaitu kertas kasar dan

kertas lunak. Kertas yang digunakan sebagai kemasan adalah jenis kertas kasar, sedangkan kertas halus digunakan untuk buku dan kertas sampul. Kertas kemasan yang paling kuat adalah kertas kraft dengan warna alami, yang dibuat dari kayu lunak dengan proses sulfatasi. Ada beberapa jenis kertas, antara lain:

- Kertas glasin dan kertas tahan minyak (*grease proof*). Kertas ini dibuat dengan cara memperpanjang waktu pengadukan pulp sebelum dimasukkan ke mesin pembuat kertas. Penambahan bahan-bahan lain seperti plastisizer bertujuan untuk menambah kelembutan dan kelenturan kertas, sehingga dapat digunakan untuk mengemas bahan-bahan yang lengket. Penambahan antioksidan bertujuan untuk memperlambat ketengikan dan menghambat pertumbuhan jamur atau khamir. Kedua jenis kertas ini mempunyai permukaan seperti gelas dan transparan, mempunyai daya tahan yang tinggi terhadap lemak, oli dan minyak, tidak tahan terhadap air walaupun permukaan dilapisi dengan bahan tahan air seperti lak dan lilin. Kertas glasin digunakan sebagai bahan dasar laminasi.
- Kertas Perkamen, digunakan untuk mengemas bahan pangan seperti mentega, margarine, biskuit yang berkadar lemak tinggi, keju, ikan (basah, kering atau digoreng), daging (segar, kering, diasap atau dimasak), hasil ternak lain, teh dan kopi. Sifat-sifat kertas perkamen adalah: tahan terhadap lemak, mempunyai kekuatan basah (*wet strength*) yang baik walaupun dalam air mendidih, permukaannya tidak berserat, tidak berbau, tidak berasa, transparan sehingga sering disebut kertas glasin, tidak mempunyai daya hambat yang baik terhadap gas, kecuali jika dilapisi dengan bahan tertentu.
- Kertas lilin merupakan kertas yang dilapisi oleh lilin parafin. Kertas ini dapat menghambat air, tahan terhadap minyak/oli dan daya rekat panasnya baik. Kertas lilin digunakan untuk mengemas bahan pangan, sabun, tembakau dan lain-lain.
- Daluang (*Container board*). Kertas daluang banyak digunakan dalam pembuatan karton beralur. Ada dua jenis kertas daluang, yaitu: *line board* disebut juga kertas kraft yang berasal dari kayu cemara (kayu lunak) dan *corrugated medium* yang berasal dari kayu keras dengan proses sulfatasi.
- Chipboard dibuat dari kertas koran bekas dan sisa-sisa kertas. Jika kertas ini dijadikan kertas maka disebut *bogus* yaitu jenis kertas yang digunakan sebagai pelindung atau bantalan pada barang pecah belah. Kertas chipboard dapat juga digunakan sebagai pembungkus dengan daya rentang yang rendah. Jika akan dijadikan karton lipat, maka harus diberi bahan-bahan tambahan tertentu.

- Kertas plastik dibuat karena keterbatasan sumber selulosa. Kertas ini disebut juga kertas sintesis yang terbuat dari lembaran stirena, mempunyai sifat-sifat sebagai berikut: daya sobek dan ketahanan lipat yang baik, daya kaku lebih kecil daripada kertas selulosa, sehingga menimbulkan masalah dalam pencetakan label, tidak mengalami perubahan bila terjadi perubahan kelembaban (RH), tahan terhadap lemak, air dan tidak dapat ditumbuhi kapang, dapat dicetak dengan suhu pencetakan yang tidak terlalu tinggi, karena polistirena akan lunak pada suhu 80°C.

6.4.6.2. Bentuk kemasan kertas

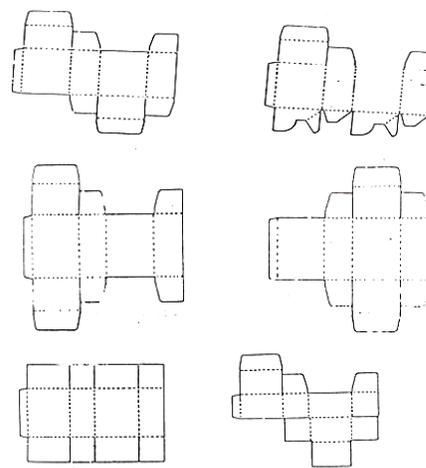
Bentuk amplop sering digunakan sebagai pembungkus dari kantong kertas. Kantong kertas dapat dibuat secara sederhana oleh industri rumah tangga, tetapi dapat juga dibuat secara fabrikasi.

Bentuk lain dari kemasan kertas adalah karton lipat dan kardus. Karton lipat dan kardus merupakan jenis kertas yang populer karena praktis dan murah. Dalam perdagangan disebut juga *folding carton* (FC) atau karton lipat. Bahan yang banyak digunakan untuk membuat karton lipat adalah *cylinder board* yang terdiri dari beberapa lapisan, dan bagian tengahnya terbuat dari kertas-kertas daur ulang, sedangkan kedua sisi lainnya berupa kertas koran murni dan bahan murni yang dipucatkan. Untuk memperbaiki sifat-sifat karton lipat, maka dapat

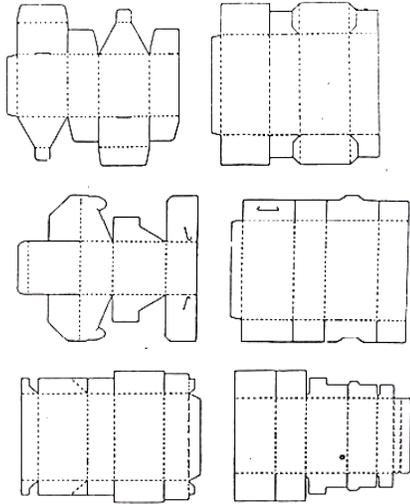
dilapisi dengan selulosa asetat dan polivinil klorida (PVC) yang diplastisasi. Kasein yang dicampurkan pada permukaan kertas akan memberikan permukaan cetak yang lebih halus dan putih. Keuntungan dari karton lipat adalah dapat digunakan untuk transportasi, dan dapat dihias dengan bentuk yang menarik untuk barang-barang mewah. Tetapi kelemahannya adalah kecenderungan untuk sobek di bagian tertentu. Model dasar yang paling umum dari karton yang terdiri dari :

- lipatan terbalik (*reverse tuck*)
- dasar menutup sendiri (*auto-lock bottom*)
- model pesawat terbang (*airplane style*)
- model lipatan lurus
- model perekatan ujung (*seal end*)
- model perkakas dasar (*hardware bottom*)

Dari keenam model dasar ini dikembangkan model-model lain (Gambar 6.10 dan 6.11)



Gambar 6.2. Pola-pola dasar untuk membuat kemasan karton lipat.



Gambar 6.3. Model kotak karton lipat dari pengembangan pola dasar

Garis putus-putus pada Gambar 6.2 dan 6.3, menunjukkan letak lipatan.

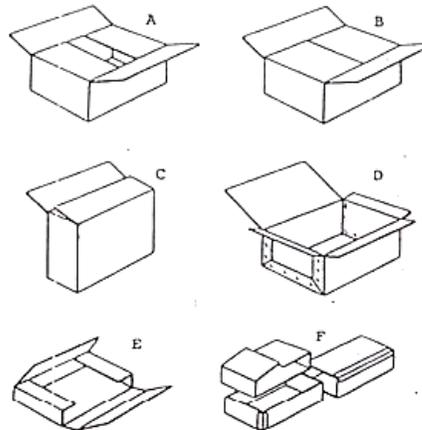
Pemilihan jenis atau model karton lipat yang akan digunakan sebagai pengemas, tergantung pada jenis produk yang akan dikemas dan permintaan pasar. Pengujian mutu kemasan karton lipat dapat berupa uji jatuh bagi wadah yang sudah diisi, pengujian tonjolan atau *bulge*, pengujian kekuatan kompresi dan daya kaku dalam hubungannya dengan kelembaban udara.

Penggunaan karton tipis (folding box atau *cardboard box*) untuk kemasan, mendapat tambahan bahan-bahan tertentu dan kualitas karton tipis yang dihasilkan tergantung dari jenis bahan tambahan tersebut. Misalnya: untuk bahan pangan yang harus selalu dalam keadaan segar yang disimpan dalam lemari es, maka digunakan karton tipis yang dilapisi

plastik (*PE coated*) atau dilapisi lilin (*wax coated*). Jenis ini digunakan untuk pengemasan udang, daging atau ikan beku atau mangkuk untuk es krim. Disain kemasan dibuat menarik, maka karton tipis dapat digunakan sebagai *display box*.

Corrugated box (karton kerdut) disebut juga karton bergelombang atau karton beralur terdiri dari 2 macam *corrugated sheet*, yaitu: kertas kraft (*kraft liner*) untuk lapisan luar dan dalam kertas medium untuk bagian tengah yang bergelombang.

Jenis karton bergelombang yang paling umum adalah jenis RSC (*Regular Slotted Container*) atau wadah celah teratur. Jenis-jenis karton bergelombang dapat dilihat pada Gambar 6.4.



- Keterangan :
- A = Wadah Celah Teratur (RSC)
 - B = Wadah Celah Terpusat (CSSC)
 - C = Wadah Celah Tumpang tindih (FOL)
 - D = Bliss Box
 - E = Pembungkus Buku
 - F = Kotak Laci Tiga

Gambar 6.4. Berbagai jenis kotak karton kerdut

Corrugated box tanpa *inner* (individual box) digunakan sebagai kemasan primer untuk mengemas buah dan sayur, ikan beku dan lain-lain. Untuk pengemasan buah atau sayuran segar, maka pada dinding kotak harus diberi lubang ventilasi. Penggunaan karton bergelombang pada produk yang dikemas dengan botol gelas atau plastik dapat memakai *partition divider* atau pemisah untuk mencegah terjadinya benturan.

6.4.7 Plastik

Penemuan dan pembuatan plastik, pertama kali dilaporkan oleh Dr. Montgomerie pada tahun 1843, yaitu oleh penduduk Malaya dengan cara memanaskan getah karet kemudian dibentuk dengan tangan dan dijadikan sebagai gagang pisau. Pada tahun 1845 J. Pelouze berhasil mensintesa selulosa nitrat. Cetakan bahan plastik yang pertama, dipatenkan oleh J.L. Baldwin pada tanggal 11 Februari 1862 yang disebut dengan *molds for making daguerreotype cases*. Cetakan ini kemudian digunakan secara luas untuk membentuk bahan-bahan plastik yang terdiri dari campuran getah karet dengan berbagai bahan pengisi, humektan dan pempplastik.

Penemuan selulosa nitrat atau seluloid pertama kali dilakukan oleh Dr. John Wesley Hyatt dari New York yaitu untuk menggantikan bola bilyard yang sebelumnya terbuat dari gading. Seluloid digunakan juga untuk

mainan anak-anak, pakaian, cat dan vernis, serta film untuk foto.

Tahun 1920 Dr. Leo Hendrik Baekeland (Belgia) menemukan reaksi antara fenol dan formaldehida yang menghasilkan bakelite, dan penemuan ini dianggap sebagai awal industri plastik. Berbagai jenis bahan kemasan plastik baru bermunculan sesudah perang dunia kedua usai.

Bahan pembuat plastik dari minyak dan gas sebagai sumber alami, dalam perkembangannya digantikan oleh bahan-bahan sintesis sehingga dapat diperoleh sifat-sifat plastik yang diinginkan dengan cara kopolimerisasi, laminasi, dan ekstruksi (Syarif, *et al.*, 1989).

Komponen utama plastik sebelum membentuk polimer adalah monomer, yakni rantai yang paling pendek. Polimer merupakan gabungan dari beberapa monomer yang akan membentuk rantai yang sangat panjang. Bila rantai tersebut dikelompokkan bersamasama dalam suatu pola acak, menyerupai tumpukan jerami maka disebut amorp, jika teratur hampir sejajar disebut kristalin dengan sifat yang lebih keras dan tegar (Syarif, *et al.*, 1988).

Kemasan plastik dapat berbentuk kemasan kaku maupun kemasan yang mudah dibentuk atau fleksibel. Untuk mengemas produk padat dan tidak memerlukan perlindungan khusus maka digunakan plastik yang fleksibel. Contoh produk yang dikemas menggunakan plastik fleksibel

yaitu keripik, tahu, tempe dan lain-lain. Sedangkan untuk mengemas produk yang memerlukan perlindungan seperti produk yang berbentuk cair atau pasta maka digunakan plastik yang kaku namun bisa dibentuk, misalnya kemasan dalam bentuk botol, kotak atau jerigen plastik.

Kemasan plastik banyak digunakan dengan pertimbangan bahan tersebut mudah dibentuk sesuai dengan keinginan, tidak bersifat korosif (mudah berkarat), tidak memerlukan penanganan khusus. Dalam dunia perdagangan dikenal ada plastik khusus untuk mengemas bahan pangan (*food grade*) dan plastik untuk mengemas bahan bukan pangan (*non-food grade*). Oleh karena itu bila akan memilih plastik untuk mengemas bahan dan produk pangan maka harus dipilih yang *food grade*.

Menurut Syarief *et al* (1989), berdasarkan ketahanan plastik terhadap perubahan suhu, maka plastik dibagi menjadi dua, yaitu:

- Thermoplastik, bila plastik meleleh pada suhu tertentu, melekat mengikuti perubahan suhu, bersifat reversible (dapat kembali ke bentuk semula atau mengeras bila didinginkan).
- Termoset atau termodursisabel, jenis plastik ini tidak dapat mengikuti perubahan suhu (tidak reversible). Sehingga bila pengerasan telah terjadi maka bahan tidak dapat dilunakkan kembali. Pemanasan dengan

suhu tinggi tidak akan melunakkan jenis plastik ini melainkan akan membentuk arang dan terurai. Karena sifat termoset yang demikian maka bahan ini banyak digunakan sebagai tutup ketel.

6.4.7.1 Jenis dan Sifat Plastik

1. Politen atau polietilen (PE)

Polietilen merupakan film yang lunak, transparan dan fleksibel, mempunyai kekuatan benturan serta kekuatan sobek yang baik. Dengan pemanasan akan menjadi lunak dan mencair pada suhu 110°C. Berdasarkan sifat permeabilitasnya yang rendah serta sifat-sifat mekaniknya yang baik, polietilen mempunyai ketebalan 0.001 sampai 0.01 inchi, yang banyak digunakan sebagai pengemas makanan, karena sifatnya yang thermoplastik, polietilen mudah dibuat kantung dengan derajat kerapatan yang baik (Sacharow dan Griffin, 1970).

Jenis plastik ini paling banyak digunakan dalam industri, karena memiliki sifat mudah dibentuk, tahan bahan kimia, jernih dan mudah dilaminasi. PE banyak digunakan untuk mengemas buah-buahan dan sayuran segar, roti, produk pangan beku dan tekstil. Menurut Syarief *et al* (1989), polietilen memiliki sifat:

- Penampakan bervariasi, dari transparan hingga keruh.
- Mudah dibentuk, lemas dan mudah ditarik.
- Daya rentang tinggi tanpa sobek.

- Meleleh pada suhu 120°C , sehingga banyak digunakan untuk laminasi dengan bahan lain.
- Tidak cocok untuk digunakan mengemas bahan berlemak atau mengandung minyak.
- Tidak cocok untuk mengemas produk beraroma karena transmisi gas cukup tinggi.
- Tahan terhadap asam, basa, alkohol dan deterjen.
- Dapat digunakan untuk menyimpan bahan pada suhu pembekuan hingga -50°C .
- Kedap air dan uap air. Berdasarkan sifat kedap air dan uap air, ada jenis yaitu: HDPE (*high-density polyethylene*), MDPE (*medium-density polyethylene*), LDPE (*low-density polyethylene*) dan LLDPE (*linier low-density polyethylene*). HDPE memiliki titik lunak, maupun sifat-sifat lainnya yang lebih tinggi dibandingkan LDPE. LLDPE umumnya lebih kuat dibandingkan dengan LDPE, tetapi sifat lainnya sama dengan LDPE.
- Transparan (tembus pandang), bersih dan jernih.
- Memiliki sifat beradaptasi terhadap suhu tinggi (300°C) yang sangat baik.
- Permeabilitas uap air dan gas sangat rendah.
- Tahan terhadap pelarut organik, seperti asam-asam dari buah-buahan, sehingga dapat digunakan untuk mengemas produk sari buah.
- Tidak tahan terhadap asam kuat, fenol dan benzyll alkohol.
- Kuat, tidak mudah sobek. Botol plastik yang menggunakan PET mampu menahan tekanan yang berasal dari minuman berkarbonat.

3. Polipropilen (PP)

Polipropilen sangat mirip dengan polietilen dan sifat-sifat penggunaannya juga serupa (Brody, 1972). Polipropilen lebih kuat dan ringan dengan daya tembus uap yang rendah, ketahanan yang baik terhadap lemak, stabil terhadap suhu tinggi dan cukup mengkilap (Winarno dan Jenie, 1983).

Monomer polypropilen diperoleh dengan pemecahan secara thermal naphtha (distalasi minyak kasar) etilen, propylene dan homologues yang lebih tinggi dipisahkan dengan distilasi pada temperatur rendah. Dengan menggunakan katalis Natta-Ziegler polypropilen dapat diperoleh dari propilen (Birley, *et al.*, 1988).

Polipropilen memiliki sifat-sifat sebagai berikut:

2. Poliester atau Polietilen treptalat (PET)

PET banyak digunakan dalam laminasi (pelapisan), terutama untuk bagian luar suatu kemasan sehingga kemasan memiliki daya tahan yang lebih baik terhadap kikisan dan sobekan. PET banyak digunakan sebagai kantong makanan yang memerlukan perlindungan, seperti buah kering, makanan beku dan permen. PET memiliki sifat :

- Ringan, mudah dibentuk, transparan dan jernih dalam bentuk film. Tetapi dalam bentuk kemasan kaku maka PP tidak transparan.
- Kekuatan terhadap tarikan lebih besar dibandingkan PE.
- Pada suhu rendah akan rapuh.
- Dalam bentuk murni pada suhu -30°C mudah pecah sehingga perlu ditambahkan PE atau bahan lain untuk memperbaiki ketahanan terhadap benturan
- Tidak dapat digunakan untuk kemasan beku.
- Lebih kaku dari PE dan tidak mudah sobek sehingga dalam penanganan dan distribusi.
- Permeabilitas uap air rendah, permeabilitas gas sedang.
- Tidak baik untuk mengemas produk yang peka terhadap oksigen.
- Tahan terhadap suhu tinggi sampai 150°C , sehingga dapat digunakan untuk mengemas produk pangan yang memerlukan proses sterilisasi.
- Tahan terhadap asam kuat, basa dan minyak.
- Pada suhu tinggi PP akan bereaksi dengan benzene, silken, toluene, terpentin asam nitrat kuat.
- Tahan terhadap asam dan basa, kecuali asam pengoksidasi.
- Akan terurai dengan ester, keton, hidrokarbon aromatik, klorin dan alkoohol dengan konsentrasi yang tinggi.
- Memiliki permeabilitas yang sangat tinggi terhadap gas dan uap air, sehingga sangat sesuai untuk mengemas bahan-bahan segar.
- Memiliki afinitas yang tinggi terhadap debu.
- Baik untuk bahan dasar laminasi dengan logam (aluminium).

5. Polivinil Klorida (PVC)

PVC banyak digunakan untuk mengemas mentega, margarine, dan minyak goreng karena tahan terhadap minyak dan memiliki permeabilitas yang rendah terhadap air dan gas. PVC juga digunakan untuk mengemas perangkat keras (*hardware*), kosmetik, dan obat-obatan. Sifat lain dari PVC, yaitu: tembus pandang, meskipun ada juga yang memiliki permukaan keruh, tidak mudah sobek dan memiliki kekuatan tarik yang tinggi.

4. Polistiren (PS)

Polistiren banyak digunakan untuk mengemas buah-buahan dan sayuran karena memiliki permeabilitas yang tinggi terhadap air dan gas. PS memiliki sifat umum sebagai berikut:

- Lentur dan tidak mudah sobek
- Titik lebur 88°C , akan melunak pada suhu $90 - 95^{\circ}\text{C}$.

6. Poliviniliden Klorida (PVDC)

PVDC ini sifat permeabilitasnya terhadap air dan gas rendah. Sering digunakan untuk mengemas (*wrapping*) produk ternak, ham atau produk yang sejenis termasuk keju. Dapat di-*seal* (direkatkan) dengan panas akan tetapi tidak stabil bila dipanaskan pada suhu $>60^{\circ}\text{C}$.

7. Selopan

Selopan berasal dari *cello* = cellulose dan *diaphane* = transparan). Selopan memiliki sifat:

- Transparan dan sangat terang.
- Tidak bisa direkatkan dengan panas.
- Tidak larut dalam air atau minyak.
- Tidak dapat dilewati oksigen dan aroma.
- Mudah dilaminasi sebagai pelapis yang baik.
- Mudah sobek dan pada suhu dingin akan mengkerut.

8. Selulose Asetat (CA)

Selulose asetat memiliki sifat:

- Sensitif terhadap air
- Akan terdekomposisi oleh asam kuat, basa kuat alkohol dan ester.
- Tidak mudah mengkerut bila dekat api
- Sangat jernih, mengkilap, agak kaku dan mudah sobek
- Terhadap benturan maka selulosa asetat lebih tahan dibandingkan HDPE namun lebih lemah bila dibandingkan dengan selulosa propionate
- Tidak cocok untuk mengemas produk beku karena CA mudah rapuh pada suhu rendah
- Tahan terhadap minyak atau oli

9. Selulosa Propionat

Selulosa propionate memiliki ketahanan terhadap benturan dua kali lebih lebih besar daripada selulosa asetat, transparan, mudah dibentuk dan akan terurai oleh asam kuat, basa alkohol, keton dan ester.

10. Etil Selulosa

Etil selulosa memiliki sifat:

- Stabil pada suhu tinggi
- Tidak berwarna, tidak berbau dan tidak berasa
- Tidak dapat menahan uap air dan gas
- Tidak tahan terhadap pelarut organik
- Tahan terhadap minyak dan oli, sehingga dapat digunakan untuk mengemas mentega, margarine dan minyak
- Tidak banyak terpengaruh oleh matahari.

11. Metil Selulosa

Metil selulosa banyak digunakan untuk kapsul karena memiliki sifat tahan terhadap minyak nabati dan hewani, dalam keadaan lembab tidak mudah rapuh. Akan tetapi bahan ini bila kontak langsung dengan air akan larut, semakin tinggi suhu maka akan makin banyak yang larut.

12. Nilon atau Polianida (PA)

Nilon atau polianida memiliki sifat sebagai berikut:

- Tidak berasa, tidak berbau, dan tidak beracun
- Larut dalam asam formal dan fenol
- Cukup kedap terhadap gas tetapi tidak kedap uap air
- Tahan terhadap suhu tinggi, sehingga sesuai untuk mengemas produk yang dimasak dalam kemasan seperti nasi instant dan bahan pangan yang mengalami proses sterilisasi.
- Dapat digunakan untuk pengemasan vakum/hampa.

13. Polikarbonat (PC)

Banyak digunakan untuk mengemas jus atau sari buah, bir dan minuman yang sejenis. PC memiliki sifat:

- Transparan dan tidak berbau
- Sangat kuat dan tahan panas. Cocok untuk produk yang memerlukan proses sterilisasi
- Tahan terhadap asam lemah, zat pereduksi atau pengoksidasi, garam, minyak, lemak dan hidrokarbon alifatik
- Akan terurai oleh alkali, amin, keton, ester hidrokarbon aromatic, dan beberapa alkohol.

14. Pliofilm (Karet Hidroklorida)

Sifat dari pliofilm, yaitu:

- Tahan terhadap asam, alkali, lemak dan oli. Cocok untuk mengemas daging dan hasil olahannya.
- Transmisi gas CO₂ cukup tinggi untuk sayuran segar
- Tidak dapat menahan gas. Tidak dapat digunakan untuk mengemas produk yang dipanaskan dalam kemasan.

15. Poliuretan

Poliuretan memiliki sifat tidak berbau, tahan oksidasi, tahan terhadap minyak, lemak dan kapang. Poliuretan termasuk jenis bahan kemasan yang fleksibel.

16. Politetra Fluoroetilen (PTFE)

Jenis bahan kemasan ini memiliki sifat permukaan licin, bila dipegang seperti ada lapisan lilin dan

memiliki kelebihan untuk saling melekat satu sama lain, tahan terhadap suhu dari -100 hingga 200°C. Disamping itu jenis kemasan ini *inert* terhadap bahan kimia dan tahan terhadap hampir semua jenis bahan kimia.

1. Low Density Polyethylen (LDPE)

Sifat mekanis jenis plastik LDPE adalah kuat, agak tembus cahaya, fleksibel dan permukaan agak berlemak. Pada suhu di bawah 60°C sangat resisten terhadap senyawa kimia, daya proteksi terhadap uap air tergolong baik, akan tetapi kurang baik bagi gas-gas yang lain seperti oksigen, sedangkan jenis plastik HDPE mempunyai sifat lebih kaku, lebih keras, kurang tembus cahaya dan kurang terasa berlemak.

2. High Density Polyethylen (HDPE).

Pada polietilen jenis low density terdapat sedikit cabang pada rantai antara molekulnya yang menyebabkan plastik ini memiliki densitas yang rendah, sedangkan high density mempunyai jumlah rantai cabang yang lebih sedikit dibanding jenis low density. Dengan demikian, high density memiliki sifat bahan yang lebih kuat, keras, buram dan lebih tahan terhadap suhu tinggi. Ikatan hidrogen antar molekul juga berperan dalam menentukan titik leleh plastik (Harper, 1975).

6.4.7.2. Pemilihan Kemasan Plastik Untuk Bahan Pangan

Sekarang telah terjadi perubahan permintaan konsumen dan pasar akan produk pangan, dimana konsumen menuntut produk pangan yang: bermutu tinggi, dapat disiapkan di rumah, segar, mutu seragam.

Hal ini menyebabkan kemasan plastik merupakan pilihan yang paling tepat, karena dapat memenuhi semua tuntutan konsumen seperti di atas. Jenis-jenis plastik yang ada di pasaran sangat beragam, sehingga perlu pengetahuan yang baik untuk dapat menentukan jenis kemasan plastik yang tepat untuk pengemasan produk pangan. Kesalahan dalam memilih jenis kemasan yang tepat, dapat menyebabkan rusaknya bahan pangan yang dikemas.

Beberapa pertimbangan yang perlu diperhatikan sebelum memilih jenis kemasan adalah: kemasan tersebut harus dapat melindungi produk dari kerusakan fisik dan mekanis, mempunyai daya lindung yang baik terhadap gas dan uap air, harus dapat melindungi dari sinar ultra violet, tahan terhadap bahan kimia.

Berdasarkan pertimbangan-pertimbangan ini maka kita dapat menentukan jenis kemasan yang sesuai dengan produk yang akan dikemas.

1. Produk Susu

Kemasan plastik yang sesuai untuk produk-produk susu adalah LDPE dan HDPE. Kemasan yang baik untuk keju harus yang bersifat kedap terhadap uap air dan gas yang baik, misalnya nilon/ Polietilen, Selulosa, polietilen dan PET/PE.

2. Daging dan Ikan

- Daging segar dikemas dengan PVC yang permeabilitasnya terhadap uap air dan gas tinggi.
- Daging beku dikemas dengan LDPE dan LDPE nilon.
- Unggas dikemas dengan kantung laminasi dari etilen vinil asetat/polietilen (EVA/PE).
- Daging masak dan bacon dengan E/PVDC/PA/PT/PETT atau kemasan vakum.
- Ikan dan ikan beku dikemas dengan HDPE atau LDPE

3. Produk Roti

- Roti yang mengandung humektan dikemas dengan kemasan kedap air.
- Roti yang bertekstur renyah dengan kemasan kedap udara.
- *Cake* (bolu) agar tidak kering dan bau apek dikemas dengan selulosa berlapis atau OPP

4. Makanan Kering dan Sereal

Untuk makanan kering dan sereal dikemas dengan kemasan kedap uap air dan gas seperti LDPE berlapis kertas atau LDPE/aluminium foil.

5. Makanan Yang Diolah

- Untuk makanan yang stabil seperti selai dan acar kemasan yang digunakan adalah plastik fleksibel dan jika akan diolah lagi digunakan gelas atau kaleng.
- Konstruksi lapisan yang dibutuhkan untuk retort pouch adalah bahan-bahan seperti poliester atau poliamida/aluminium foil/HDPE atau PE-PP kopolimer.
- Kemasan sekunder yang digunakan untuk distribusi adalah karton

6. Buah dan Sayur Segar

Kemasan yang dipilih adalah kemasan yang mempunyai permeabilitas yang tinggi terhadap CO₂ agar dapat mengeluarkan CO₂ dari produk sebagai hasil dari proses pernafasan. Jenis kemasan yang sesuai adalah polistiren busa seperti LDPE, EVA, ionomer atau plastik PVC.

7. Kopi

- Dikemas dengan kemasan hampa seperti foil atau poliester yang sudah dimetalisasi dan PE
- Untuk kemasan kopi instan digunakan PVC yang dilapisi dengan PVDC, tapi harganya masih terlalu mahal

8. Lemak dan Minyak

Digunakan kemasan PVC yang bersih dan mengkilap. Pengemasan mentega dan margarin dilakukan dengan polistiren

9. Selai dan Manisan

- Dahulu digunakan polistiren dengan pencetakan injeksi.
- Saat ini digunakan PVC berbentuk lembaran

10. Minuman

Untuk minuman berkarbonasi maka dipilih kemasan yang kuat, tahan umbukan dan benturan, tidak tembus cahaya dan permeabilitasnya terhadap gas rendah, sehingga jenis kemasan yang sesuai adalah poliakrilonitril. Untuk minuman yang tidak berkarbonasi maka dipilih kemasan berbentuk botol yang mengalami proses ekstrusi yaitu Lamicon yang berasal dari PE dan lamipet (bahan yang mengandung 95% polivinil asetat saponifikasi).

11. Bahan Pangan lain

Garam dikemas dengan HDPE karena sifat perlindungannya terhadap kelembaban yang tinggi. Bumbu masak dikemas dengan LDPE yang fleksibel. Makanan beku dengan LDPE dan EVA.

6.5. Pembotolan (*Bottling*)

Pengemasan didesign atau dirancang sedemikian rupa untuk melindungi produk dari kerusakan dan untuk menjual produk lengkap dengan wadah atau kemasan yang digunakan. Dalam industri pengolahan makanan yang besar, biasanya diperlukan proses pengemasan secara mekanis

untuk mendapatkan teknik pengemasan yang efisien. Salah satu bentuk bahan pengemas yang banyak digunakan adalah botol. Botol yang digunakan ada yang berbahan gelas dan ada pula dari plastik.

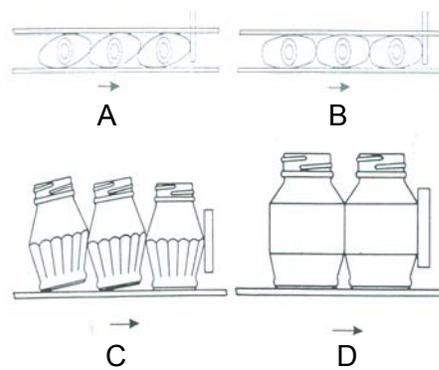
Meskipun bahan yang digunakan untuk mengemas produk dalam bentuk yang sama yaitu botol, namun untuk produk yang berbeda maka teknik pembotolan yang digunakan juga berbeda. Teknik pembotolan juga dipengaruhi oleh bentuk botol yang berbeda pula. Sebagai contoh: teknik pembotolan untuk mengemas produk susu segar akan berbeda dengan teknik pembotolan untuk mengemas produk kopi instan.

Dibandingkan dengan pengalengan maka pembotolan (pengemasan dengan botol) di industri besar dalam proses pembotolan memerlukan tenaga kerja yang lebih sedikit. Tahapan pembotolan dalam industri meliputi: memasukkan botol kosong dalam alat (*bottle feeding*), pembersihan botol (*bottle cleaning*), pengisian (*filling*), penutupan (*closing*), pelabelan (*labeling*), penyusunan dan pengemasan untuk transportasi (*collating and packing for transport*).

6.5.1. Memasukkan Botol Kosong Dalam Alat (*bottle feeding*)

Sebelum botol-botol kosong masung ke tempat pengisian, maka botol kosong dimasukkan dalam *bottle feeder* secara tidak

beraturan atau dituangkan begitu saja tanpa menata dan mengaturnya. Keluar dari *bottle feeder*, maka botol akan berada dalam posisi berdiri satu persatu dan tidak saling menumpuk atau posisi botol tidak boleh miring. Untuk mengatur posisi botol tetap tegak, maka perlu diatur kecepatan alat, sebab bila terlalu cepat maka akan terjadi botol keluar pada posisi miring sehingga botol akan roboh, seperti terlihat pada Gambar 6.5 berikut ini.



Gambar 6.5 Pengaruh bentuk botol pada saat pengisian.

Dari Gambar 6.5 terlihat bahwa kemasan oval yang lancip lebih sulit untuk dikontrol (A) dibandingkan dengan kemasan oval dengan dasar yang lebih datar (B). Hindari penggunaan botol dengan salah satu bagian berbentuk lancip (C) karena pada saat pengisian pada ban berjalan menyebabkan botol berada pada posisi miring (C). Bentuk botol (D) lebih cocok digunakan pada proses pengisian menggunakan mesin (*filling machine*).

6.5.2. Pembersihan Botol (*Bottle Cleaning*)

Pembersihan botol dapat dilakukan secara manual satu per satu. Dalam industri besar, maka pencucian botol secara manual tidak mungkin dilakukan. Pencucian botol bisa juga dilakukan dengan menggunakan *bottle washer* yang dilengkapi dengan sikat elektrik. Industri yang menggunakan botol plastik umumnya menggunakan botol baru. Botol-botol tersebut disimpan di tempat kering dengan kelembaban rendah. Penyimpanan dalam ruang yang lembab menyebabkan debu mudah menempel pada bagian dinding botol atau wadah/*container*.

6.5.3. Pengisian (*Filling*)

Tahap pengisian produk cair dan produk dalam bentuk padat kedalam kemasan botol memiliki teknik yang berbeda. Teknik pengisian produk cair ke dalam kemasan botol dibagi menjadi empat (Paine dan Paine, 1992) yaitu:

6.5.3. Teknik Pengisian Produk Cair

6.5.3.1. *Vacuum filling* (Pengisian produk hampa udara).

Teknik ini merupakan teknik pengisian yang paling bersih dan paling murah untuk berbagai jenis

produk. Teknik ini mampu mendeteksi botol yang retak, botol bocor atau botol yang sumbing. Disamping itu pengisian dengan *vacuum filling* dapat menekan kehilangan produk dan mencegah adanya tetesan produk yang memberi kesan kotor. Setelah pengisian, tidak diperlukan pembersihan. Ada tiga jenis *vacuum filler*, yaitu pengisian secara *rotary*, *tray* dan secara otomatis. Pada pengisian dengan *rotary vacuum filler*, setiap botol diangkat satu persatu kemudian secara otomatis diisi dengan produk dimana alat terus berputar. Pada pengisian dengan *tray vacuum filler* maka botol diletakkan berbaris di atas *tray* dan dibawa oleh ban berjalan kemudian langsung diisi dengan produk. Pada pengisian otomatis, maka setiap botol kosong akan terisi secara otomatis setelah melewati alat pengisi produk (*filler*).



Gambar 6.6 Pengisian produk dalam kemasan botol dengan teknik *rotary vacuum filler*.

6.5.3.2. *Measured dosing* (Pengisian produk terukur)

Pada teknik ini setiap *filler* terdiri atas silinder terkalibrasi dan piston. Ketika piston menekan katup pengisian, maka katup tersebut akan membuka dan produk mengalir dan mengisi silinder dalam jumlah tertentu. Ketika botol produk sampai pada tempat pengisian maka katup akan membuka dan mengalirkan produk ke dalam botol, dan pada waktu yang bersamaan katup pengisian (yang berfungsi mengatur aliran produk ke silinder) akan menutup.

6.5.3.3. *Gravity-filling* (Pengisian berdasarkan gravitasi).

Ada dua tipe alat *gravity-filling* yang sering digunakan, yaitu berdasarkan waktu atau lama pengisian dan berat botol yang digunakan. Pada *gravity-filling* berdasarkan lama pengisian, maka katup pengisi yang berfungsi mengisi produk akan membuka dalam waktu tertentu sehingga volume yang diinginkan tercapai.



Gambar 6.7 Pengisian produk cair dengan teknik *measured dosing*.

Alat ini didasarkan pada kekentalan produk dan diameter pipa pengisian yang dikendalikan secara mekanik oleh *timer* atau elektronik. Sedangkan *gravity-filling* berdasarkan berat botol, sebelum dilakukan pengisian maka botol ditimbang lebih dahulu. Selanjutnya botol tersebut akan menuju tempat pengisian produk, kemudian katup pengisian membuka untuk mengalirkan produk ke dalam botol.

6.5.3.4. *Pressure filling* (Pengisian berdasarkan tekanan)

Pada dasarnya teknik ini hampir sama dengan teknik pengisian *gravity-filling* berdasarkan lama pengisian. Teknik ini hanya sesuai untuk mengemas produk dengan kecepatan sedang hingga tinggi, seperti sari buah, susu segar dan produk-produk yang sejenis.

Bila dibandingkan, dari keempat teknik pengisian produk cair, maka masing-masing teknik pengisian memiliki kesesuaian jenis produk yang berbeda, seperti tampak pada Tabel 6.2.

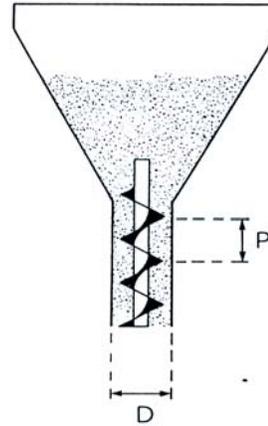
Tabel 6.2 Teknik pengisian produk cair

		Teknik pengisian			
		<i>Dosing</i>	<i>Vacuum</i>	<i>Grafiti</i>	<i>Pressure</i>
1.	Jenis produk	Hampir semua jenis produk cair (encer maupun kental)	Produk cair yang encer	Hanya sesuai untuk produk yang encer	Produk cair yang encer maupun kental
2.	Contoh produk	Sup Saos Minyak <i>Flavouring</i>	Saos <i>Flavouring</i>	<i>Essence</i> Sari buah Bir atau minuman beralkohol	
3.	Batasan aplikasi produk	-	Tidak cocok untuk produk berbusa	Hanya sesuai untuk produk yang encer	Produk yang berbusa akan menimbulkan masalah
4.	Tingkat ketelitian pengisian	± 0,1 -0,5 %	Tergantung dari ketepatan volume botol, biasanya sekitar 2%		

Sumber : Paine dan Paine (1993).

6.5.3. Teknik Pengisian Produk Padat

Pengisian produk padat (tepung dan granular) ke dalam botol, ada dua jenis yaitu pengisian berdasarkan berat dan pengisian produk berdasarkan volume. Pada pengisian berdasarkan volume, maka alat pengisi produk padat biasanya dikeluarkan menggunakan alat yang berulir. Sebaiknya alat berulir ini tidak digunakan untuk produk tepung yang sangat halus. Hal ini untuk menghindari produk yang ringan akan berterbangan karena pengaruh tekanan dari ulir. Jumlah volume produk yang diisikan tergantung dari diameter lubang pengisian (D), *pitch* ulir (P) dan jumlah putaran ulir dalam satu siklus pengisian (Gambar 6.8).



Gambar 6.8 *Volumetric Auger Filler* (paine dan Paine, 1993).

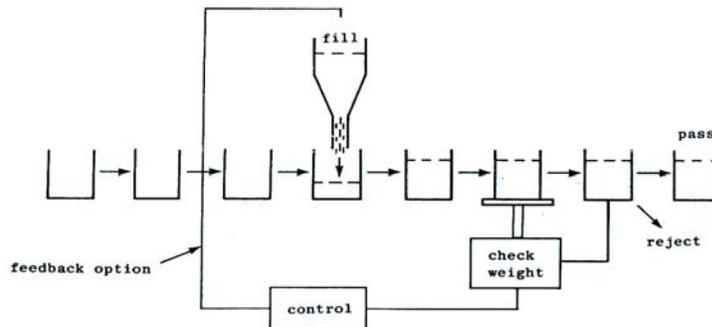
Teknik pengisian produk padat berdasarkan berat produk lebih baik dibandingkan dengan teknik pengisian produk padat berdasarkan volume. Pada industri pangan, teknik pengisian produk padat berdasarkan berat produk maka wadah/botol dilewatkan dengan belt berjalan menuju tempat pengisian (*filler*). Dari *filler*, produk menuju ke tempat

penimbangan. Hasil timbangan produk yang tepat (memenuhi standar) dan yang tidak tepat akan dilewatkan pada jalur yang terpisah. Secara skematis teknik pengisian produk padat berdasarkan berat dapat dilihat pada Gambar 6.9 di bawah ini.

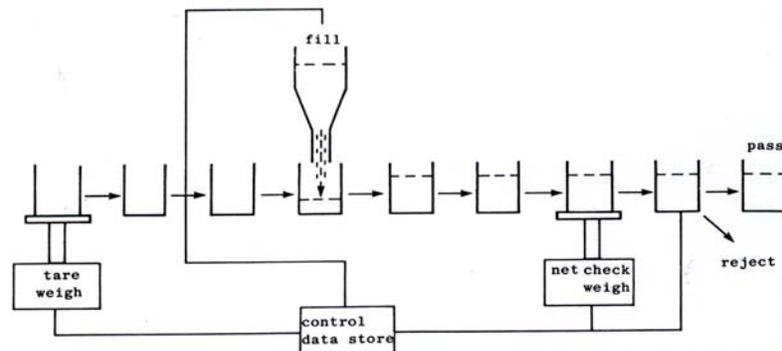
Kelemahan dari penggunaan satu timbangan yaitu menghasilkan berat produk yang kurang seragam. Untuk menekan keragaman berat produk, maka dapat dilakukan modifikasi alat pengisian seperti pada Gambar 6.10. Pada Gambar ini alat yang digunakan biasanya menggunakan lebih dari satu timbangan. Timbangan pertama diatur sedemikian rupa sehingga produk

yang diisikan mencapai 80-90% berat total, kemudian produk tersebut dilewatkan dengan ban berjalan menuju timbangan ke dua. Pada timbangan ke dua, maka pengisian sisa produk dilakukan secara perlahan-lahan sampai mencapai berat produk yang diinginkan.

Setiap alat industri memiliki tingkat ketelitian yang berbeda-beda dan sangat bervariasi, termasuk alat *filler*, sehingga tidak menutup kemungkinan terjadi kesalahan mengisi, ada wadah yang isinya kurang atau berlebih. Untuk menghindari hal ini, maka operator alat harus melakukan pengecekan dan mengontrol jalannya alat yang ada.



Gambar 6.9 Teknik pengisian berdasarkan berat otomatis sederhana (Paine dan Paine, 1993).



Gambar 6.10 Pengisian produk berdasarkan berat menggunakan alat yang dimodifikasi (paine dan Paine, 1993)

6.5.4. Penutupan botol

Penutupan botol hendaknya dilakukan secara *hermetis* (rapat), seperti penutupan botol untuk mengemas produk jam, jelly, sirup, sari buah, produk olahan daging dan hasil olahan lainnya yang diolah dengan menggunakan suhu tinggi. Tujuan penutupan secara *hermetis* yaitu untuk mencegah produk dari kerusakan, terutama yang disebabkan oleh mikroba.

Keadaan *hermetis* akan tercapai bila tutup botol dan bagian luar mulut botol dalam kondisi baik. Tutup botol biasanya terdiri atas dua bagian, yaitu: lapisan luar yang terbuat dari logam dan lapisan dalam (gasket) terbuat dari karet atau PVC. Ada beberapa jenis tutup botol, yaitu jenis *screw-on cap closure*, jenis *crimp-on closure* (jenis mahkota), jenis *roll-on closure* dan jenis *cork* (sumbat).

Jenis *screw-on cap closure*, memiliki ulir pada bagian tutup. Ulir ini berfungsi untuk mengunci tutup dengan ulir pada bagian mulut botol. Biasanya penutupan dilakukan dengan menekan dan memutar 1-2 kali putaran. Jenis tutup ini dapat dibuka dan ditutup kembali dengan baik. Biasanya jenis tutup ini banyak digunakan untuk menutup produk berbentuk pasta, sirup, dan yang sejenis.

Tutup jenis *crimp-on closure* (mahkota), disebut mahkota karena hasil penutupan botol menyerupai mahkota yang menempel pada bagian mulut botol. Umumnya digunakan untuk menutup produk

kecap, sirup, bir, sari buah dan produk yang sejenis. Biasanya tutup jenis *roll-on closure* terbuat dari aluminium lunak. Penutupan dilakukan dengan cara mengepres tutup pada bagian mulut botol sehingga tercetak sesuai dengan pola mulut botol. Untuk jenis *cork* (sumbat), maka penutupan botol dilakukan dengan menekan tutup botol pada bagian mulut botol.

Meskipun kemasan botol merupakan kemasan yang baik untuk menahan gas, air dan bau, namun produk dalam kemasan gelas yang disimpan tetap dapat rusak apabila penutupan wadah tidak memenuhi syarat. Syarat-syarat penutupan kemasan gelas yang baik adalah : kemasan harus dapat melindungi komponen penyusun produk, dapat mencegah penetrasi senyawa dari luar ke dalam wadah, tutup botol tidak bereaksi dengan produk yang dikemas, tidak lengket dengan produk, design/rancangan bentuk tutup sedemikian rupa sehingga mudah dibuka.

6.5.5. Pelabelan botol

Setelah penutupan, maka langkah berikutnya adalah memberi label pada kemasan botol. Pemberian label dapat secara manual atau menggunakan alat.

6.5.6. Case Packing

Botol-botol yang sudah diisi, diberi tutup dan diberi label biasanya masih dikemas lagi dengan menggunakan kardus. Kemudian kardus-kardus tersebut dikemas

dengan menggunakan plastik *wrapping* (*shrink-wrapping*). Pengemasan ini memudahkan dalam distribusi produk untuk jarak jauh.



Gambar 6.11 Pengemasan kardus dengan *shrink-wrapping*.

6.5.7. Palletizing

Pallet dikenal sebagai alas untuk menyimpan tumpukan kemasan pada saat pengudangan. Bentuk pallet datar, biasanya terbuat dari kayu, pada bagian bawah terdapat dua lubang/celah yang berfungsi sebagai tempat kaki *forklift*.



Gambar 6.12 Palletizing untuk kemasan kardus

6.6. Pengalengan

Secara umum pengalengan produk pangan terdiri atas delapan tahap, yaitu: penangan kaleng kosong, pembersihan kaleng kosong, persiapan produk, pengisian, penutupan, proses pengalengan, pendinginan, penanganan dan penyimpanan hasil pengalengan.

6.6.1. Penangan kaleng kosong

Kaleng kosong harus disimpan dalam kemasan tertutup, ruang penyimpanan tidak lembab dan tidak berdebu, harus dihindari adanya perubahan suhu yang akan mempengaruhi kondensasi air sehingga kaleng mudah berkarat. Kaleng kosong yang belum digunakan harus dijaga sedemikian rupa sehingga permukaan/bibir kaleng tidak rusak atau penyok dan bagian sambungan tidak rusak. Penyimpanan kaleng kosong terhindar dari garam atau air garam, karena garam dapat menyebabkan kaleng berkarat.

6.6.2. Pembersihan kaleng kosong

Meskipun pada saat penerimaan kaleng kosong dari supplier dalam keadaan bersih, namun pembersihan kaleng kosong wajib dilakukan sebelum digunakan. Cara efektif untuk membersihkan kaleng kosong dengan cara mencuci kaleng pada posisi terbalik menggunakan air panas yang disemprotkan.

6.6.3. Persiapan produk

Tahap awal yang penting pada proses pengalengan yaitu pembersihan dan persiapan produk sebelum diisikan ke dalam kaleng. Tahap persiapan produk meliputi *trimming*, pengecilan ukuran dan pencucian. Pencucian bertujuan untuk mencegah terjadinya kontaminasi silang.

6.6.4. Pengisian

Pengisian kaleng harus seragam dan jumlah/berat produk relatif sama. Teknik pengisian yang benar harus dihindari adanya gas terutama oksigen. Pengisian produk dalam kondisi panas (*hot filling*) atau dengan cara memanaskan produk setelah pengisian sebelum dilakukan penutupan bertujuan untuk mendapatkan kondisi hampa udara. Pengisian produk ke dalam kaleng tidak dilakukan sampai penuh namun ada jarak antara permukaan produk dengan permukaan kaleng. Jarak ini dikenal dengan *head space*. Tinggi *head space* berkisar 6–9 mm.

Beberapa alasan mendapatkan kondisi kemasan hampa udara, yaitu: untuk mempertahankan karakteristik flavor dan komponen nutrisi yang peka terhadap oksidasi, menyediakan ruang untuk membebaskan gas-gas yang terbentuk selama pemanasan, menghindari atau meminimalkan korosi akibat adanya oksigen.

6.6.5. Penutupan (*seaming*)

Pengalengan didasarkan pada prinsip pemanasan dan penutupan kaleng setelah produk diberi perlakuan sterilisasi komersial. Pada proses penutupan atau dikenal pula dengan istilah *double seaming* harus dipastikan bahwa tidak terjadi kontaminasi ulang atau kontaminasi silang (*recontamination*) oleh mikroba. Kontaminasi silang dapat terjadi baik selama proses pendinginan, penanganan dan penyimpanan produk hasil pengalengan.

6.6.6. Proses pengalengan

Istilah yang umum digunakan dalam proses thermal untuk pengalengan makanan adalah pemasakan (*cooking*), sterilisasi (*retorting*) dan proses pengalengan (*processing*). Proses pemasakan, pengalengan dan sterilisasi menerapkan proses pemanasan pada suhu dan waktu tertentu. Kegiatan tersebut bertujuan untuk mendapatkan produk steril komersial dan untuk memasak produk yang dikalengkan.

Produk steril komersial artinya produk memperoleh perlakuan panas pada suhu dan waktu tertentu yang dapat membunuh mikroba penyebab penyakit maupun penyebab kebusukan pada suhu penyimpanan. Suhu pemanasan harus mencukupi untuk memasak produk namun perubahan nutrisi serendah-rendahnya. Dengan demikian pemberian panas pada proses

pengalengan diharapkan tidak hanya dapat membunuh mikroba penyebab penyakit dan penyebab kebusukan namun perubahan flavor, tekstur, warna dan nilai nutrisi produk tidak rusak. Penggunaan suhu dan waktu yang digunakan dalam sterilisasi komersial didasarkan pada kecukupan panas yang diberikan sehingga dapat membunuh bakteri *Clostridium botulinum* yang berpotensi menimbulkan racun botulin yang mematikan.

Kematian mikroba oleh panas dan kemampuannya untuk berkembang akan dipengaruhi oleh tingkat keasaman produk yang akan dikalengkan. Menurut Hariyadi (2007), secara umum produk yang memiliki pH > 4,5 dan aw (*water activity*) 0,85, dikemas secara hermetis dan tidak disimpan dalam pendingin maka produk tersebut harus dilakukan sterilisasi komersial.

6.6.7. Pendinginan

Setelah produk dilakukan proses pengalengan maka produk tersebut didinginkan. Pendinginan ini dimaksudkan untuk mendinginkan tutup kaleng setelah pengalengan, menghindari terjadinya pemasakan produk lewat masak (*over cooking*). Pada produk yang lewat masak akan menghasilkan produk yang terlalu lunak, terjadinya perubahan flavor dan aroma yang berbeda dari yang dikehendaki. Air untuk pendinginan harus bebas dari kontaminan mikroba atau bisa juga menggunakan air yang diklorinasi.

6.6.8. Penanganan dan penyimpanan produk hasil pengalengan

Penanganan produk hasil penyimpanan yang salah dapat menyebabkan terjadinya awal kerusakan, akibatnya mikroba bisa menembus kaleng dan merusak produk. Penyimpanan produk dalam kaleng pada suhu yang tinggi atau di bawah kondisi yang diinginkan akan menyebabkan kaleng berkarat.

6.7. Teknik Penutupan Wadah

Penutupan wadah merupakan bagian penting dalam proses pengemasan. Bagian penutup sering merupakan bagian terlemah dari sistem perlindungan terhadap gangguan dari luar. Cara penutupan dapat menyebabkan tutup (sumbat) sebagai pembawa jasad renik. Bahan yang umum digunakan sebagai penutup: besi (kaleng), alumunium, gabus dan plastik

Bahan-bahan penutup ini dapat bersifat kaku atau flexibel. Sumbat dari kaleng atau besi dilapisi dengan sejenis vernis untuk menghindari kontak langsung dengan bahan pangan. Penutup seperti ini digunakan untuk menahan tekanan dalam minuman bergas, bir dan makanan yang dipanaskan dalam wadah tertutup. Sumbat alumunium digunakan untuk air mineral, minuman tanpa

gas, susu, yoghurt dan sebagainya. Sumbat dari plastik digunakan untuk minuman yang tidak mengandung gas dan makanan dalam bentuk krim atau tepung (*powder*).

Berdasarkan fungsinya penutup wadah gelas dibagi atas 3 golongan, yaitu :

- Penutup yang dirancang untuk menahan tekanan dari dalam wadah gelas (*Pressure Seal*). Tipe ini digunakan untuk minuman-minuman berkarbonasi. Contoh tipe ini adalah : sumbat gabus atau penutup polietilen atau penutup sekrup, penutup mahkota (penutup dari timah yang dilapisi dengan gabus atau polivinil klorida) atau penutup sekrup dari aluminium.
- Penutup yang dapat menjaga keadaan hampa udara di dalam wadah gelas (*Vacuum Seals*). Tipe ini digunakan untuk menutup kemasan hermetis atau bahan-bahan pangan yang diawetkan dan untuk mengemas bahan berbentuk pasta.
- Penutup yang dirancang semata-mata untuk mengamankan produk pangan yang ada di dalam wadah (*Normal Seals*). Contoh penutup tipe ini adalah gabus atau gabus sintetis yang dipasang pada penutup timah, penutup polyetilen atau aluminium, penutup plastik atau logam dan aluminium foil.

6.8. Labelling (Pemberian Label)

Label atau disebut juga etiket adalah tulisan, gambar atau deskripsi lain yang tertulis, dicetak, distensil, diukir, dihias, atau dicantumkan dengan jalan apapun, pada wadah atau pengemas. Etiket tersebut harus cukup besar agar dapat menampung semua keterangan yang diperlukan mengenai produk dan tidak boleh mudah lepas, luntur atau rusak karena air, gosokan atau pengaruh sinar matahari.

Berdasarkan Undang-Undang RI No. 7 tahun 1996 yang dimaksud dengan label pangan adalah setiap keterangan mengenai pangan yang berbentuk gambar, tulisan, kombinasi keduanya, atau bentuk lain yang disertakan pada pangan, dimasukkan ke dalam, ditempelkan pada, atau merupakan bagian kemasan pangan. Pada Bab IV Pasal 30-35 dari Undang-Undang ini diatur hal-hal yang berkaitan dengan pelabelan dan periklanan bahan pangan.

Tujuan pelabelan pada kemasan adalah :

- memberi informasi tentang isi produk yang diberi label tanpa harus membuka kemasan
- sebagai sarana komunikasi antara produsen dan konsumen tentang hal-hal dari produk yang perlu diketahui oleh konsumen, terutama yang kasat mata atau yang tidak diketahui secara fisik

- memberi petunjuk yang tepat pada konsumen sehingga diperoleh fungsi produk yang optimum
- sarana periklanan bagi konsumen
- memberi rasa aman bagi konsumen

Informasi yang diberikan pada label tidak boleh menyesatkan konsumen. Pada label kemasan, khususnya untuk makanan dan minuman, sekurang-kurangnya dicantumkan hal-hal berikut (Undang-Undang RI No. 7 tahun 1996 tentang Pangan) :

- Nama produk. Disamping nama bahan pangannya, nama dagang juga dapat dicantumkan. Produk dalam negeri ditulis dalam bahasa Indonesia, dan dapat ditambahkan dalam bahasa Inggris bila perlu. Produk dari luar negeri boleh dalam bahasa Inggris atau bahasa Indonesia.
- Daftar bahan yang digunakan. Ingridien penyusun produk termasuk bahan tambahan makanan yang digunakan harus dicantumkan secara lengkap. Urutannya dimulai dari yang terbanyak, kecuali untuk vitamin dan mineral. Beberapa perkecualiannya adalah untuk komposisi yang diketahui secara umum atau makanan dengan luas permukaan tidak lebih dari 100 cm², maka ingradien tidak perlu dicantumkan.
- Berat bersih atau isi bersih. Berat bersih dinyatakan dalam satuan metrik. Untuk makanan

padat dinyatakan dengan satuan berat, sedangkan makanan cair dengan satuan volume. Untuk makanan semi padat atau kental dinyatakan dalam satuan volume atau berat. Untuk makanan padat dalam cairan dinyatakan dalam bobot tuntas.

- Nama dan alamat produsen atau memasukkan pangan ke dalam wilayah Indonesia. Label harus mencantumkan nama dan alamat pabrik pembuat/pengepak/importir. Untuk makanan impor harus dilengkapi dengan kode negara asal. Nama jalan tidak perlu dicantumkan apabila sudah tercantum dalam buku telepon.
- Keterangan tentang halal. Pencantuman tulisan halal diatur oleh keputusan bersama Menteri Kesehatan dan Menteri Agama No. 427/MENKES/SKB/VIII/1985. Makanan halal adalah makanan yang tidak mengandung unsur atau bahan yang terlarang/haram dan atau yang diolah menurut hukum-hukum agama Islam. Produsen yang mencantumkan tulisan halal pada label, maka produsen tersebut bertanggung jawab terhadap halalnya makanan tersebut bagi pemeluk agama Islam. Saat ini kehalalan suatu produk harus melalui suatu prosedur pengujian yang dilakukan oleh tim akreditasi oleh LP POM MUI, badan POM dan Departemen Agama.

- Tanggal, bulan, dan tahun kedaluwarsa. Umur simpan produk pangan biasa dituliskan sebagai: *Best before date* (produk masih dalam kondisi baik dan masih dapat dikonsumsi beberapa saat setelah tanggal yang tercantum terlewati), *use by date* (produk tidak dapat dikonsumsi, karena berbahaya bagi kesehatan manusia setelah tanggal yang tercantum terlewati).

Permenkes 180/Menkes/Per/IV/1985 menegaskan bahwa tanggal, bulan dan tahun kadaluarsa wajib dicantumkan secara jelas pada label, setelah pencantuman *best before/use by*. Produk pangan yang memiliki umur simpan 3 bulan dinyatakan dalam tanggal, bulan, dan tahun, sedang produk pangan yang memiliki umur simpan lebih dari 3 bulan dinyatakan dalam bulan dan tahun. Beberapa jenis produk yang tidak memerlukan pencantuman tanggal kadaluarsa: sayur dan buah segar, minuman beralkohol, *vinegar/cuka*, gula/sukrosa, bahan tambahan makanan dengan umur simpan lebih dari 18 bulan, roti dan kue dengan umur simpan kurang atau sama dengan 24 jam.

Selain itu keterangan-keterangan lain yang dapat dicantumkan pada label kemasan adalah nomor pendaftaran, kode produksi, petunjuk atau cara penggunaan, petunjuk atau cara penyimpanan, nilai gizi serta tulisan atau pernyataan khusus. Nomor pendaftaran untuk produk dalam negeri diberi kode MD, sedangkan produk luar negeri diberi kode ML.

Kode produksi meliputi : tanggal produksi dan angka atau huruf lain yang mencirikan *batch* produksi.

Produk-produk yang wajib mencantumkan kode produksi adalah: produk susu pasteurisasi, sterilisasi, fermentasi dan susu bubuk, makanan bayi, makanan kaleng yang dilakukan sterilisasi komersial, daging dan hasil olahannya.

Petunjuk atau cara penggunaan diperlukan untuk makanan yang perlu penanganan khusus sebelum digunakan, sedangkan petunjuk penyimpanan diperlukan untuk makanan yang memerlukan cara penyimpanan khusus, misalnya harus disimpan pada suhu dingin atau suhu beku.

Nilai gizi diharuskan dicantumkan bagi makanan dengan nilai gizi yang difortifikasi, makanan diet atau makanan lain yang ditetapkan oleh Menteri Kesehatan. Informasi gizi yang harus dicantumkan meliputi: energi, protein, lemak, karbohidrat, vitamin, mineral atau komponen lain.

Tulisan atau pernyataan khusus harus dicantumkan untuk produk-produk berikut: susu kental manis, harus mencantumkan tulisan : *"Perhatikan, Tidak cocok untuk bayi"*, makanan yang mengandung bahan dari babi harus diulis : *"Mengandung Babi"*, susu dan makanan yang mengandung susu, makanan bayi, pemanis buatan, makanan dengan Iradiasi ditulis: *Radura* dan logo iradiasi, pada makanan halal maka tulisan *Halal* ditulis dalam bahasa Indonesia atau Arab.

Persyaratan umum tentang pernyataan (klaim) yang dicantumkan pada label kemasan adalah :

- Tujuan pencantuman informasi gizi untuk memberikan informasi kepada konsumen tentang jumlah zat gizi yang terkandung (bukan petunjuk berapa harus dimakan).
- Tidak boleh menyatakan seolah-olah makanan yang berlabel gizi mempunyai kelebihan daripada makanan yang tidak berlabel.
- Tidak boleh membuat pernyataan adanya nilai khusus, bila nilai khusus tersebut tidak sepenuhnya berasal dari bahan makanan tersebut, tetapi karena dikombinasikan dengan produk lain. Misalnya sereal disebut kaya protein, yang ternyata karena dicampur dengan susu pada saat dikonsumsi.
- Pernyataan bermanfaat bagi kesehatan harus benar-benar didasarkan pada komposisi dan jumlahnya yang dikonsumsi per hari.
- Gambar atau logo pada label tidak boleh menyesatkan dalam hal asal, isi, bentuk, komposisi, ukuran atau warna. Misalnya: gambar buah tidak boleh dicantumkan bila produk pangan tersebut hanya mengandung perisa buah, gambar jamur utuh tidak boleh untuk menggambarkan potongan jamur, gambar untuk memperlihatkan makanan di dalam wadah harus tepat dan sesuai dengan isinya.
- Saran untuk menghadirkan suatu produk dengan bahan lain harus diberi keterangan dengan jelas bila bahan lain tersebut tidak terdapat dalam wadah.

6.9. Peraturan-peraturan Dalam Kemasan Pangan

Kemasan produk pangan selain berfungsi untuk melindungi produk, juga memudahkan dalam penyimpanan, informasi dan promosi produk serta pelayanan kepada konsumen. Mutu dan keamanan pangan dalam kemasan sangat tergantung dari mutu kemasan yang digunakan, baik kemasan primer, sekunder maupun tersier. Oleh karena itu diperlukan adanya peraturan-peraturan mengenai kemasan pangan, yang bertujuan untuk memberikan perlindungan kepada konsumen.

Soal Latihan:

1. Sebutkan minimal lima (5) fungsi pengemasan pada bahan pangan yang anda ketahui!
2. Sebutkan jenis-jenis bahan pengemas!
3. Sebutkan persyaratan umum tentang pernyataan (klaim) yang dicantumkan pada label kemasan!
4. Sebutkan teknik-teknik pengisian produk cair!
5. Sebutkan 3 golongan penutup wadah gelas (berdasarkan fungsinya)!

VII. LIMBAH

7.1. Pendahuluan

Limbah adalah buangan yang dihasilkan dari suatu proses produksi baik industri maupun domestik (rumah tangga), yang kehadirannya pada suatu saat dan tempat tertentu tidak dikehendaki lingkungan karena tidak memiliki nilai ekonomis. Bila ditinjau secara kimiawi, limbah ini terdiri atas bahan kimia organik dan anorganik. Dengan konsentrasi dan kuantitas tertentu, kehadiran limbah dapat berdampak negatif terhadap lingkungan terutama bagi kesehatan manusia, sehingga perlu dilakukan penanganan terhadap limbah. Tingkat bahaya kera-cunan yang ditimbulkan oleh limbah tergantung pada jenis dan karakteristik limbah.

Karakteristik limbah meliputi:

1. Berukuran mikro
2. Dinamis
3. Berdampak luas (penyebarannya)
4. Berdampak jangka panjang (antar generasi)

Limbah dapat digolongkan berdasarkan sumber yang menghasilkannya yaitu: pertanian, industri dan rumah tangga. Contoh limbah dari pertanian dan residu tanaman antara lain seperti jerami dan sekam padi, gulma, batang dan tongkol jagung, semua bagian vegetatif tanaman, batang pisang dan sabut kelapa, dan sebagainya.

Limbah dan residu dari ternak antara lain seperti kotoran padat, limbah ternak cair, limbah pakan ternak, cairan biogas. Beberapa tanaman air dapat menghasilkan limbah seperti azola, ganggang biru, enceng gondok dan gulma air.

Limbah dari industri seperti serbuk gergaji kayu, blotong, kertas, ampas tebu, limbah kelapa sawit, limbah pengalengan makanan dan pemotongan hewan, limbah cair alkohol, limbah pengolahan kertas, ajinomoto, limbah pengolahan minyak kelapa sawit. Sedangkan limbah dari rumah tangga antara lain seperti tinja, urin, sampah rumah tangga dan sampah kota.

Berdasarkan karakteristiknya, limbah industri dapat digolongkan menjadi empat (4) bagian yaitu:

1. Limbah cair
2. Limbah padat
3. Limbah gas dan partikel
4. Limbah B3 (Bahan Berbahaya dan Beracun)

Faktor yang mempengaruhi kualitas limbah antara lain:

1. Volume limbah
2. Kandungan bahan pencemar, dan
3. Frekuensi pembuangan limbah



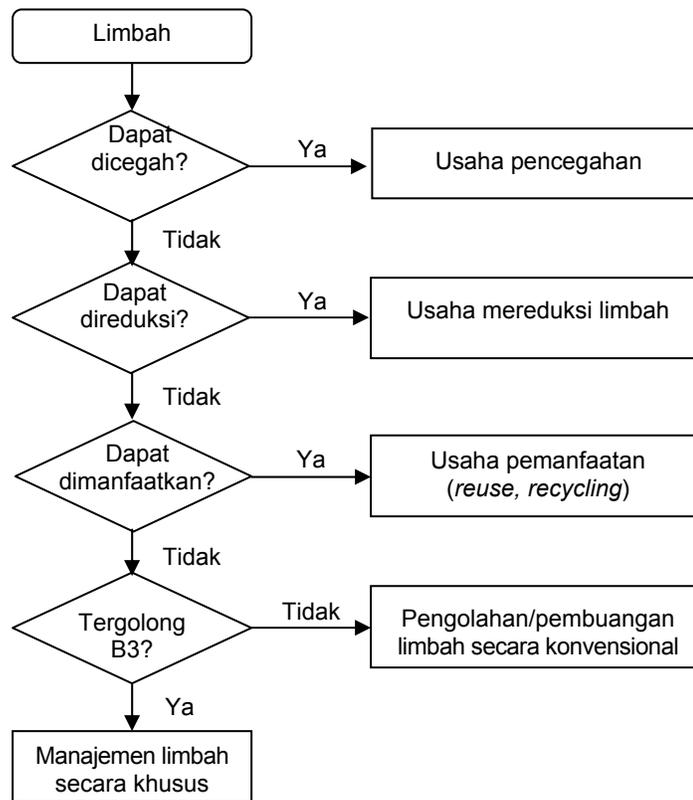
Gambar 7.1 Limbah Domestik Mendominasi Sampah Kota

Sumber: Isro'i, tanpa tahun

akan berdampak negatif pada lingkungan (hanya bagian akhir dari suatu proses kegiatan sebagai upaya kuratif). Sedangkan pengelolaan limbah merupakan seluruh rangkaian proses yang dilakukan untuk mengkaji aspek kemanfaatan benda/barang dari sisa suatu kegiatan sampai betul-betul pada akhirnya harus menjadi limbah, karena tidak mungkin dimanfaatkan kembali (upaya dari awal sampai akhir dengan menggunakan pendekatan preventif).

Pengolahan limbah berarti lebih mengutamakan cara untuk menghilangkan dan atau mengurangi dampak yang terjadi pada limbah yang apabila tidak dilakukan maka

Skema prosedur umum pengelolaan limbah dapat dilihat pada Gambar 7.2 berikut.

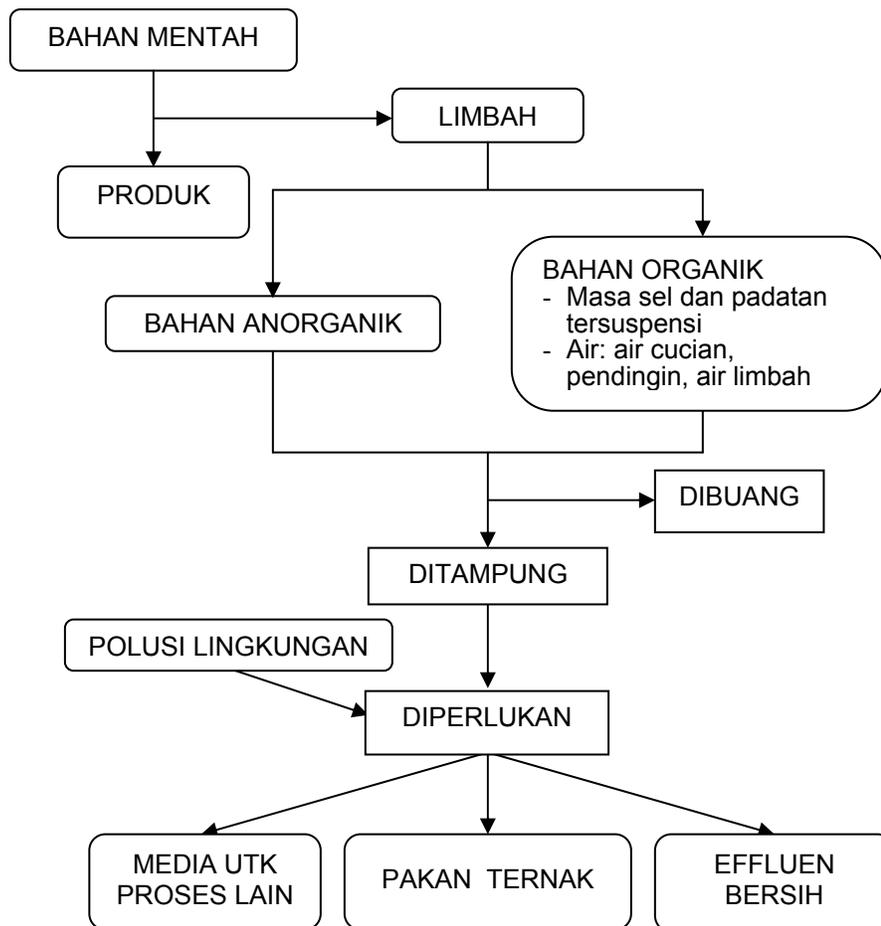


Gambar 7.2. Skema Umum Pengelolaan Limbah (Direktorat Jenderal Industri Kecil Menengah Departemen Perindustrian, 2007)

7.2. Pengelolaan Limbah Hasil Pertanian Pangan

Kegiatan pertanian dapat menghasilkan produk dan limbah baik dalam bentuk padat maupun dalam bentuk cair. Pengertian limbah pertanian adalah hasil sampingan dari aktivitas pertanian yang

biasanya kurang bernilai ekonomis bahkan tidak laku dijual, contohnya jerami sebagai limbah dari tanaman padi. Limbah ini berupa limbah organik. Meskipun termasuk limbah yang dapat diuraikan /dibusukkan secara alami namun bila tidak dikelola terlebih dulu tapi langsung dibuang ke lingkungan akan mengakibatkan terjadinya pencemaran.



Gambar 7.3 Diagram Alir Penanganan Limbah (Anonim, 2005)

Limbah tanaman pangan dan perkebunan memiliki peran yang cukup penting dan berpotensi dalam penyediaan pakan hijauan bagi ternak ruminansia seperti sapi, kambing, domba dan kerbau terutama pada musim kemarau. Pada musim kemarau hijauan rumput terganggu pertumbuhannya, sehingga pakan hijauan yang tersedia kurang baik dari segi kuantitas maupun kualitas. Bahkan di daerah-daerah tertentu rumput pakan ternak akan kering dan mati sehingga menimbulkan krisis pakan hijauan.



Gambar 7.4. Limbah dari Pabrik Kelapa Sawit (Isro'i, tanpa tahun)

Pemanfaatan Limbah Hasil Pertanian Sebagai Pakan Ternak

Proses pengolahan limbah menjadi pakan ternak dapat dilakukan secara kering (tanpa fermentasi) yaitu dengan mengeringkannya, baik menggunakan alat pengering maupun dengan sinar matahari. Limbah dari hasil panen dicincang, selanjutnya dijemur pada sinar

matahari sampai kering yang ditandai dengan cara mudah dipatahkan atau mudah hancur kalau diremas. Setelah kering limbah ditumbuk dengan menggunakan lesung atau alat penumbuk lainnya, kemudian dilakukan pengayakan.



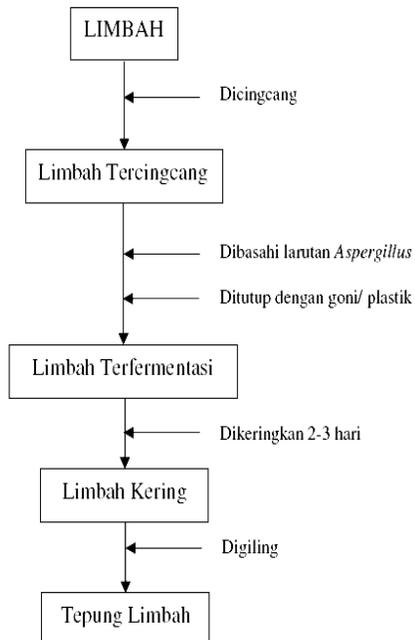
Gambar 7.5. Proses Pengolahan Limbah dari Kulit Buah Kakao Secara Kering (Tanpa Fermentasi)

Sumber : Wawo (tanpa tahun)

Cara lain proses pengolahan limbah menjadi pakan ternak dilakukan secara fermentasi yang melibatkan peran mikroba sebagai perombaknya. Dengan fermentasi, nilai gizi limbah (seperti jerami, sabut kelapa, kulit buah kakao dan lain-lain) dapat ditingkatkan, sehingga layak untuk pakan penguat kambing maupun sapi,

bahkan untuk ransum babi dan ayam. Beberapa mikroba yang biasa digunakan adalah jenis kapang seperti *Trichoderma viride*, *Trichoderma harzianum* dan *Aspergillus niger*. Manfaat fermentasi dengan teknologi ini antara lain yaitu:

1. Meningkatkan kandungan protein
2. Menurunkan kandungan serat kasar
3. Menurunkan kandungan tanin (zat penghambat pencernaan)



Gambar 7.6. Proses Pengolahan Limbah Secara Fermentasi

Sumber : Wawo (tanpa tahun)

Penggunaan pakan ternak olahan dari limbah harus memperhatikan beberapa hal antara lain:

1. Pakan ternak olahan dapat langsung diberikan kepada ternak atau menyimpannya dalam wadah yang bersih dan kering.

2. Pada awal pemberian, ternak tidak mau memakannya sehingga memberikan pakan ternak olahan pada saat ternak kelaparan dengan menambahkan garam atau gula untuk merangsang nafsu makannya.
3. Pakan ternak olahan juga bisa digunakan sebagai penguat pada ternak ruminansia (sapi, kambing, kerbau atau babi) untuk mempercepat pertumbuhan dan juga produksi susu.
4. Pakan ternak olahan dapat digunakan sebagai pengganti dedak, contohnya pakan ternak dari limbah kulit kakao dapat diberikan sebagai pengganti dedak untuk ternak ruminansia sebanyak 0,7–1,0% berat badan, untuk ternak unggas (ayam petelur) sebanyak 36% dari total ransum.

Pemanfaatan Kotoran Ternak Sebagai Kompos

Kotoran ternak dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan kompos yang dapat digunakan sebagai pupuk tanaman. Ada beberapa manfaat penggunaan kompos sebagai pupuk tanaman antara lain adalah:

1. Hemat biaya dan tenaga
2. Pupuk organik yang dihasilkan berkualitas tinggi
3. C/N ratio kurang 20 Bebas dari biji-biji gulma (tanaman liar) dan mikroba
4. Bebas dari patogenik atau yang merugikan jamur-jamur akar serta parasit lainnya
5. Bebas phytotoxin

6. Tidak Berbau dan mudah menggunakannya
 7. Tidak membakar tanaman
 8. Dapat mengurangi penggunaan pupuk anorganik
 9. Aman untuk semua jenis tanaman dan lingkungan
 10. pH normal berkisar 6,5 sampai 7,5 mampu memperbaiki pH tanah.
 11. Mampu meningkatkan biodiversitas dan kesehatan tanah
 12. Memperbaiki tekstur tanah, sehingga tanah mudah diolah
 13. Meningkatkan daya tahan tanah terhadap erosi
 14. Mampu meningkatkan produktivitas lahan antara 10-30%, karena biji tanaman lebih bernas dan tidak cepat busuk.
 15. Tanaman akan dijauhi hama penyakit dan jamur
 16. Meningkatkan Kapasitas Tukar Kation (KTK).
 17. Meningkatkan kapasitas cengkeram air (water holding capacity).
2. Menambahkan bahan aktifator (Urea, SP36, kapur, pupuk kandang, starter *T. harzianum*) dan mengaduknya hingga merata. Selanjutnya dibagi menjadi 4 bagian.
 3. Kotoran ternak ditumpuk setinggi 1x1x1 m lalu dibagi atas 4 bagian, masing-masing setinggi \pm 25 cm.
 4. Di atas tumpukan kotoran ternak, ditabur bahan aktifator (*Trichoderma*) secara merata
 5. Menggabungkan tumpukan kotoran ternak menjadi 1 tumpukan sehingga volume tumpukan sekitar 1x1x1 m.
 7. Menutup tumpukan dengan plastik hitam anti air agar terlindung dari hujan dan panas matahari.
 8. Melakukan pembalikan tumpukan kotoran ternak setiap 1 minggu dengan menggunakan cangkul. Perlu dijaga, kelembaban tumpukan harus stabil (kelembaban 60-80%) selama proses pengomposan.

Bahan-bahan yang digunakan untuk pembuatan kompos menurut Roja (tanpa tahun) antara lain: kotoran ternak satu ton (\pm 30 karung), urea 2 kg, SP36 3 kg, kapur 5 kg, starter *Trichoderma* 3 kg, dan plastik hitam 5 m. Tahap-tahap pembuatannya sebagai berikut:

1. Menyiapkan kotoran ternak (sapi atau kerbau) yang akan dijadikan kompos dengan syarat kering (tidak basah oleh urine sapi atau air hujan). Kotoran ternak yang terlalu basah akan mempengaruhi perkembangan kapang *T. harzianum* sehingga proses perombakan lebih lambat.

Pemanenan kompos pupuk kandang dilakukan setelah 21 hari dengan cara membongkar lalu mengayaknya sehingga dihasilkan kompos yang sempurna.



Gambar 7.7 Proses Pengomposan Sederhana oleh BPTP Sumantra Barat
Sumber: Roja, tanpa tahun

Pembuatan Kompos dari Kotoran Sapi

Pengolahan kotoran sapi menjadi kompos bisa dilakukan oleh peternak secara individu karena caranya sederhana, mudah diikuti dan bahannya tersedia di sekitar peternak sendiri. Langkah awal yang dilakukan dalam pengolahan kotoran sapi menjadi kompos adalah, menyiapkan dan mengumpulkan bahan yang diperlukan yaitu :

1. Kotoran sapi minimal 40%, dan akan lebih baik jika bercampur dengan urin.
2. Kotoran ayam maksimum 25% (jika ada).
3. Serbuk dari kayu sabut kelapa 5% atau limbah organik lainnya seperti jerami dan sampah rumah tangga
4. Abu dapur 10%
5. Kapur pertanian
6. Stardec 0,25%.

Mengingat *Stardec* merupakan stimulan untuk pertumbuhan mikroba (*Stardec* dapat pula merupakan agregat bakteri atau cendawan dorman) maka bila *Stardec* tidak tersedia dapat diganti dengan kompos yang sudah jadi, karena di dalam kompos juga tersedia agregat bakteri atau cendawan pengurai bahan organik yang sedang dorman.

Setelah semua bahan terkumpul, selanjutnya dilakukan proses pengomposan sebagai berikut:

1. Sehari sebelum pengomposan dimulai (H-1), campurkan bahan utama (kotoran sapi, kotoran ayam jika ada, sabut kelapa/serbuk gergaji, abu dapur dan kapur pertanian) secara merata, atau ditumpuk mengikuti lapisan:
 - a. Kotoran ayam ditempatkan paling bawah (jika ada) dan dibagian atasnya ditempatkan kotoran sapi. Tinggi kotoran ayam dan sapi maksimum 30 cm (Gambar 8).
 - b. Lapisan berikutnya dari kapur pertanian (Gambar 9), yaitu untuk menaik kan PH karena mikroba akan tumbuh baik pada PH yang tinggi (tidak asam).
 - c. Dapat ditambahkan serbuk dari sabut kelapa, karena C/N-nya lebih rendah (sekitar 60) dan mengandung KCl, sedangkan kalau menggunakan serbuk gergaji (Gambar 10) kadar C/N-nya sangat tinggi (sekitar 400)
 - d. Selanjutnya menaburkan abu pada bagian paling atas. (Gambar 11)

2. Tumpukan seperti pada point 1, harus diulangi sampai ketinggian sekitar 1,5 meter.
3. Pada hari pertama (H0), tumpukan bahan disisir, lalu ditaburi dengan *Stardec* (Gambar 12) sebanyak 0,25% atau 2,5 kg untuk campuran sebanyak 1 ton.
4. Tumpukan bahan minimal dengan ketinggian 80 cm.
5. Selanjutnya tumpukan dibiarkan selama satu minggu (H+7) tanpa ditutup, namun harus terjaga agar terhindar dari panas dan hujan. Pada hari ketujuh campuran bahan harus dibalik, agar memperoleh suplai oksigen selama proses pengomposan. Pembalikan ini dilakukan kembali pada hari ke 14, 21 dan 28.
6. Pada hari ke-7 suhu bahan mulai meningkat sampai dengan hari ke-21. Peningkatan bisa mencapai 60-70°C, dan akan turun kembali pada hari ke 28 atau tergantung bahan yang digunakan. Jika lebih banyak menggunakan bahan dari kotoran ayam, suhu bahan menjadi lebih tinggi dalam waktu lebih lama (bisa mencapai lebih dari 70°C dalam waktu lebih dari 28 hari). Jika hanya memakai bahan dari kotoran ternak sapi, proses meningkatnya suhu akan terjadi selama 21 hari dan akan menurun pada hari ke 28, dengan tingkat suhu 35-40°C.

Terjadinya peningkatan dan penurunan suhu menandakan proses pengomposan berjalan sempurna, yang ditandai dengan

adanya perubahan warna bahan menjadi hitam kecoklatan. Suhu yang tinggi selama proses komposing juga berfungsi untuk membunuh biji-biji gulma dan bakteri patogenik. Selain itu, apabila dilakukan uji laboratorium, pupuk organik yang dihasilkan akan memiliki komposisi sebagai berikut :

- a. Kelembaban 65%
- b. C/N ratio maksimum 20
- c. Total Nitrogen (N) > 1,81%
- d. P205 > 1,89%
- e. K2O > 1,96%
- f. CaO > 2,96%
- g. MgO > 0,70%
- h. Kapasitas Tukar Kation > 75 me/100 g
- j. pH 6,5 – 7,5

Dengan komposisi tersebut, pupuk yang dihasilkan adalah pupuk organik berkualitas tinggi, sehingga sangat baik untuk digunakan bagi semua tanaman, tambak dan kolam ikan. Agar dalam proses pengolahan kotoran sapi menjadi kompos lebih efektif dan efisien, sebaiknya pengolahannya dilakukan pada tempat pengolahan kompos yang merupakan sebuah bangunan yang berukuran 2 m x 6 m seperti yang telah dilakukan oleh Milik Kelompok Tani Amanah NTB (Gambar 7.13).



Gambar 7.8 Pencampuran Kotoran Ayam dengan Kotoran Sapi
Sumber: SPFS PMU Indonesia Photo collections-Deptan



Gambar 7.9. Penambahan Kapur Pertanian untuk Menaikkan Ph
Sumber: SPFS PMU Indonesia Photo collections-Deptan



Gambar 7.10. Pencampuran Serbuk Gergaji dan atau Serbuk Kelapa
Sumber: SPFS PMU Indonesia Photo Collections-Deptan



Gambar 7.11 Pemberian Abu pada Lapisan Paling Atas
Sumber: SPFS PMU Indonesia Photo collections-Deptan



Gambar 7.12 Penyisiran Tumpukan pada Hari Ke-0 dengan *Stardec* dan Memfermentasi dengan Membiarkannya Selama 7 Hari
Sumber: SPFS PMU Indonesia Photo collections-Deptan



Gambar 7.13 Tempat Pengolahan Kompos Berukuran 2 m x 6 m
Milik Kelompok Tani Amanah
Sumber: SPFS PMU Indonesia Photo collections-Deptan

7.3. Limbah Industri Pertanian

Pengetahuan tentang sifat-sifat limbah sangat penting dalam pengembangan suatu sistem pengelolaan limbah yang layak. Limbah yang diproduksi oleh industri pertanian bervariasi dalam kuantitas dan kualitasnya. Limbah dari industri pangan merupakan limbah yang berbeban rendah dengan volume cairan tinggi, sedangkan yang berasal dari peternakan cenderung berbeban tinggi dengan volume cairan rendah.

Pengetahuan mengenai sifat-sifat limbah dapat membantu dalam penetapan metode penanganan dan atau pembuangan limbah secara efektif. Seperti pada penanganan biologik cocok dilakukan pada limbah cair yang mengandung bahan padatan organik. Limbah padat dengan

kadar organik tinggi cocok dilakukan pembakaran atau pengomposan. Akan tetapi cara pembakaran dapat mencemari lingkungan terutama pencemaran udara.

Pengelolaan limbah industri pangan (cair, padat dan gas) diperlukan untuk meningkatkan pencapaian tujuan pengelolaan limbah (pemenuhan peraturan pemerintah), serta untuk meningkatkan efisiensi pemakaian sumber daya. Secara umum, pengelolaan limbah merupakan rangkaian ke giatan yang mencakup reduksi (*reduction*), pengumpulan (*collection*), penyimpanan (*storage*), pengangkutan (*transportation*), pemanfaatan (*reuse, recycling*), pengolahan (*treatment*), dan/atau penimbunan (*disposal*).

Beberapa contoh alternatif lain penanganan limbah industri pertanian dapat dilihat pada Tabel 7.1.

Tabel 7.1. Metode Penanganan dan Pembuangan Limbah dengan Karakteristik yang Berbeda

Cairan	Metode Penanganan dan Pembuangan
Cairan	
Limbah organik terlarut	Penanganan biologik, penimbunan lahan
Bahan anorganik terlarut	Penimbunan lahan, perlakuan fisik dan kimia
Limbah organik tersuspensi	Sedimentasi penanganan biologik, presipitasi kimia, penimbunan lahan
Bahan anorganik tersuspensi	Sedimentasi, penimbunan lahan, perlakuan kimia
Padatan	
Limbah organik	Insinerasi, pupuk, penimbunan lahan, dehidrasi, kondisi tanah, pakan ternak
Limbah anorganik	Penimbunan tanah

Sumber: Loehr (1977) dalam Jenie dan Winiati, 1993

Setiap industri pangan mempunyai limbah yang berbeda dalam kuantitas dan kualitas. Industri pengolahan pangan meliputi pengolahan beraneka ragam makanan seperti buah-buahan dan sayuran, beberapa hasil tanaman perkebunan, daging, susu dan hasil laut.

Limbah pengolahan makanan dihasilkan dari pencucian, pemotongan, *blanching*, pasteurisasi, pembuatan jus, pembersihan peralatan pengolahan, dan pendinginan produk akhir. Komponen limbah cair dari industri pangan sebagian besar adalah bahan organik. Pengolahan buah dan sayuran dapat menyebabkan fluktuasi aliran dan muatan limbah karena karakteristik yang bervariasi dan relatif bersifat musiman dibandingkan dengan pengolahan daging, unggas dan susu yang tidak mengenal musim.

Limbah pengolahan buah dan sayuran sering kali mempunyai pH tinggi, karena penggunaan senyawa kaustik seperti larutan alkali dalam pengupasan. Larutan kaustik dapat menghasilkan pH sekitar 12-13 yang jika tidak dikelola (langsung dibuang) dapat mencemari lingkungan. Beberapa proses pengolahan buah dan sayuran juga dapat menghasilkan pH rendah (asam) dan mengandung klorida serta bahan organik cukup tinggi seperti limbah dari piket dan sauerkraut.

Limbah dari pengolahan daging dan unggas dapat berasal dari penyembelihan, penghilangan

bulu, penanganan isi perut, *rendering*, pemotongan bagian-bagian yang tidak diinginkan, pengolahan dan pekerjaan pembersihan. Limbah mengandung darah, lemak, padatan anorganik dan organik, garam-garam serta bahan kimia yang ditambahkan selama proses pengolahan.

Limbah dari pengolahan susu dihasilkan selama pengolahan dan pemindahan susu dari petani sampai ke penerima (industri maupun konsumen susu segar). Limbah dapat terdiri dari susu penuh dan olah, *whey* dari produksi keju, maupun air pencuci dan pasteurisasi.

Untuk mengatasi limbah diperlukan pengolahan dan penanganan limbah. Pada dasarnya pengolahan limbah dapat dibedakan menjadi:

1. golongan menurut tingkatan perlakuan
2. golongan menurut karakteristik limbah

7.4. Pencemaran Air dan Indikasinya

Pencemaran air adalah suatu perubahan keadaan di suatu tempat penampungan air seperti danau, sungai, lautan dan air tanah akibat aktivitas manusia yang mengganggu kebersihan dan atau keamanan lingkungan. Walaupun fenomena alam seperti gunung berapi, badai, gempa bumi dll juga mengakibatkan perubahan yang

besar terhadap kualitas air, hal ini tidak dianggap sebagai pencemaran.

Pencemaran air dapat disebabkan oleh berbagai hal dan memiliki karakteristik yang berbeda-beda. Meningkatnya kandungan nutrisi dapat mengarah pada eutrofikasi. Sampah organik seperti air limbah (*sewage*) menyebabkan peningkatan kebutuhan oksigen pada air yang menerimanya yang mengarah pada berkurangnya oksigen yang dapat berdampak parah terhadap seluruh ekosistem. Industri membuang berbagai macam polutan ke dalam air limbahnya seperti logam berat, toksin organik, minyak, nutrisi dan padatan. Air limbah tersebut memiliki efek termal, terutama yang dikeluarkan oleh pembangkit listrik, yang dapat juga mengurangi oksigen dalam air.

Indikasi pencemaran air dapat diketahui baik secara visual maupun pengujian antara lain, seperti:

1. Perubahan pH (tingkat keasaman/konsentrasi ion hidrogen) Air normal yang memenuhi syarat untuk suatu kehidupan memiliki pH netral dengan kisaran nilai 6,5-7,5. Air limbah industri yang belum terolah dan memiliki pH diluar nilai pH netral, akan mengubah pH air sungai dan dapat mengganggu kehidupan organisme didalamnya. Hal ini akan semakin parah jika daya dukung lingkungan rendah serta debit air sungai rendah. Limbah dengan pH asam/rendah bersifat korosif terhadap logam.

2. Perubahan warna, bau dan rasa Air normal dan air bersih tidak akan berwarna, sehingga tampak bening/jernih. Bila kondisi air warnanya berubah maka hal tersebut merupakan salah satu indikasi bahwa air telah tercemar. Timbulnya bau pada air lingkungan merupakan indikasi kuat bahwa air telah tercemar. Air yang bau dapat berasal dari limbah industri atau dari hasil degradasi oleh mikroba. Mikroba yang hidup dalam air akan mengubah organik menjadi bahan yang mudah menguap dan berbau sehingga mengubah rasa.
3. Timbulnya endapan, koloid dan bahan terlarut Endapan, koloid dan bahan terlarut berasal dari adanya limbah industri yang berbentuk padat. Limbah industri yang berbentuk padat, bila tidak larut sempurna akan mengendap di dasar sungai, dan yang larut sebagian akan menjadi koloid dan akan menghalangi bahan-bahan organik yang sulit diukur melalui uji BOD karena sulit didegradasi melalui reaksi biokimia, namun dapat diukur menjadi uji COD. Adapun komponen pencemaran air pada umumnya terdiri dari :
 - Bahan buangan padat
 - Bahan buangan organik
 - Bahan buangan anorganik

7.5. Penanganan Limbah Cair

Limbah cair biasanya dihasilkan oleh industri. Secara umum penanganan limbah cair dapat dilakukan dengan metode perlakuan secara fisik, perlakuan secara kimia, perlakuan secara biologi. Penangan limbah metode fisika yaitu dengan menyisahkan limbah padat secara fisik dari bagian cairan. Metode kimia dilakukan dengan mengendapkan atau memflokulasi partikel menggunakan senyawa kimia sebagai koagulan seperti ferrous atau ferisulfat, almunium sulfat, kalsium hidroksida.

Penanganan limbah secara biologi dilakukan dengan menggunakan agensia hayati (mikroba) melalui proses fermentasi baik fermentasi aerob (membutuhkan oksigen) maupun anaerob (tanpa membutuhkan oksigen) yang dikenal sebagai lumpur aktif atau activity sludge. Parameter kimiawi fisik yang digunakan sebagai indikator & kualitas air antara lain meliputi: kekeruhan, bahan padat terlarut, BOD, COD, suhu, pH, warna aroma, detergen senyawa radioaktif dan lain sebagainya. Parameter mikrobiologis meliputi kandungan mikroba patogen seperti *Eschericia coli*, *Salmonella*, *Streptococcus* dan lain sebagainya.

Jumlah dan karakteristik air limbah industri bervariasi menurut jenis industrinya. Sebagai contoh industri tapioka konvensional dapat

menghasilkan limbah cair sebanyak 14 - 18 m³ per ton ubi kayu. Pada industri tapioka modern dapat meminimalkan jumlah limbah menjadi 8 M³ per ton ubi kayu (Winarrio, 1980 dalam Direktorat Jenderal Industri Kecil Menengah Departemen Perindustrian, 2007). Limbah cair industri tapioka mengandung padatan tersuspensi 1.000 - 10.000 mg/L dan bahan organik 1.500 - 5.300 mg/L (Koesoebiono, 1984). Contoh lain adalah industri tahu dan tempe. Industri tahu dan tempe mengandung banyak bahan organik dan padatan terlarut. Untuk memproduksi 1 ton tahu atau tempe dihasilkan limbah sebanyak 3.000 - 5.000 Liter (Tabel 7.2).

Tabel 7.2 Parameter Limbah dari Industri Kerupuk Kulit dan Tahu-Tempe

Parameter	Industri Tahu-Kerupuk Kulit	Industri Tahu-Tempe
BOD (mg/L)	2.850	950
COD (mg/L)	8430	1.534
TSS (mg/L)	6.291	309
pH (-)	13	5
Volume (m ³ /ton)	2,5	3 - 5

Sumber: Wenas, Sunaryo, dan Sutyasmi (2002)

Selama fermentasi maka suatu bahan mentah diubah menjadi berbagai macam produk tergantung pada proses yang digunakan. Faktor-faktor yang perlu diamati selama survey buangan pabrik antara lain:

1. Kecepatan alir limbah setiap hari
2. Kekeruhan, warna
3. Padatan tersuspensi
4. Oksigen terlarut, BOD dan COD
5. pH dan suhu
6. Kandungan toksik logam, CL-, sulfida, sianida, fenol dan deterjen
7. Bau dan rasa
8. Radioaktivitas

Kadar oksigen terlarut perlu diketahui karena sangat beberapa alasan yaitu:

1. Sangat esensial untuk pertumbuhan beberapa jasad renik
2. konsentrasi oksigen terlarut: 4 mg/dm⁻³ atau 90 % konsentrasi jenuh pada suhu dan salinitas ambien.
3. dipengaruhi oleh partikel-partikel bahan organik terlarut
4. metoda pengukuran yang sering digunakan untuk oksigen terlarut.

Keperluan oksigen biokimia (BOD): ukuran kuantitas oksigen yang diperlukan untuk oksidasi bahan organik di dalam air, oleh mikrobia yang terkandung di dalamnya pada interval waktu dan suhu tertentu. Kadar oksigen effluen ditentukan dengan memasukkan limbah atau larutan limbah ke dalam botol berwarna gelap, sebelum dan setelah diinkubasi pada suhu 20⁰ C selama 5 hari.

Penurunan oksigen dapat dihitung dengan satuan O₂ yang dikonsumsi per dm³ sampel. Pengukuran ini digunakan hanya untuk menentu-

kan bahan yang dapat didegradasi. Pada umumnya BOD diukur setelah 5 hari inkubasi.

Keperluan oksigen kimia (COD) dapat diketahui dengan pengujian sampel yang dilarutkan ke dalam sejumlah larutan asam potasium dikromat yang mendidih selama 2,5 sampai 4 jam. Selanjutnya sisa dikromat dititrasi dengan ferro sulfat atau fero-ammonium sulfat. Bahan organik yang teroksidasi akan sebanding dengan potasium dikromat yang digunakan.

Metode ini digunakan untuk mengukur semua kandungan bahan organik yang mudah dan sukar terdegradasi, baik yang rekalsiran maupun yang bersifat toksik. Perbandingan BOD : COD yang ideal untuk buangan antara 0,2-0,5 : 1. Pada beberapa buangan industri yang komposisinya bervariasi mempunyai rasio BOD : COD bervariasi pula.

Strategi untuk Pengolahan Limbah Industri

Pengolahan limbah industri memerlukan strategi tertentu yang dilakukan dengan mengadakan survey ke pabrik-pabrik khususnya untuk pelaksanaan program penanganan limbah yang ekonomis. Selanjutnya mengidentifikasi sumber-sumber air yang tidak terkontaminasi dan yang terkontaminasi yang kemungkinan digunakan kembali. Untuk limbah yang pekat harus dipisah dalam pengolahannya karena dimungkinkan

menghasilkan bahan yang lebih berguna. Penanganan limbah pekat ini dapat lebih ekonomis bila dibandingkan dengan effluent yang lebih encer, karena pada effluent yang lebih encer memerlukan pompa dan penampung untuk mengendapkan bahan yang terkandung di dalamnya.

Pengujian di laboratorium diperlukan untuk mendapat teknik seperti teknik menurunkan kadar garam, teknik mengkoagulasi partikel tersuspensi dan koloid dan memecah emulsi.

Strategi untuk menanggulangi atau menangani limbah dikenal dengan istilah 3R yaitu *Reduced*, *Re-used* dan *Re-cycled*.

1. *Reduced*: mengurangi seminim mungkin terbentuknya limbah dengan memperbaiki proses pengolahan.
2. *Re-used*: memanfaatkan limbah untuk bahan bakar selama prosesing. Pada umumnya dikaitkan dengan sumber air untuk pemanfaatannya.
3. *Re-cycling*: mengolah kembali sebagai bahan dasar pemrosesan. Khususnya untuk limbah-limbah industri yang masih mengandung sejumlah bahan yang dapat dimanfaatkan sebagai makanan, pakan ternak, pembenah tanah dan bahan bakar.

Daya buangan industri harus mempunyai nilai BOD antara 40.000 sampai 70.000 mg/l⁻¹ untuk limbah yang mengandung

miselium jamur dan 10.000 – 25.000 mg/l⁻¹ untuk nilai BOD buangan industri alkohol :

Penanganan dan pembuangan limbah cair dapat dilakukan dengan cara:

1. membuang effluen tidak berbahaya ke sungai atau laut tanpa perlakuan terlebih dahulu
2. membuang effluen tidak berbahaya ke tanah, lagoon, dimasukkan ke sumur.
3. sebagian effluen yang tidak berbahaya dibuang langsung tanpa perlakuan dan sebagian diperlakukan terlebih dahulu sebelum dibuang
4. pengiriman semua effluen dikirim ke penampungan limbah untuk diberi diperlakukan (*treatment*) pengolahan, atau
5. semua effluen ditangani terlebih dahulu di industri itu sendiri.

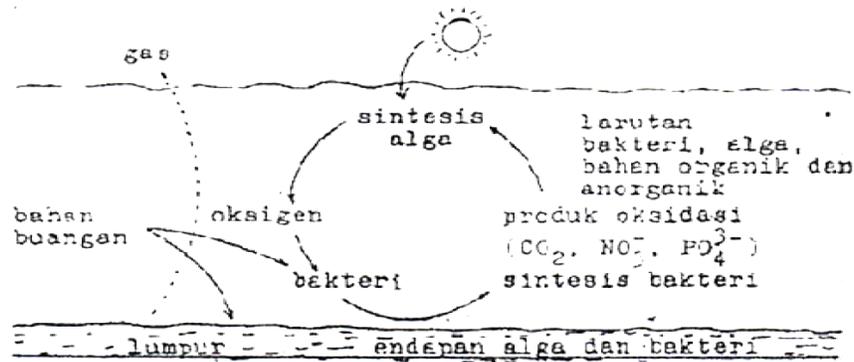
Pengelolaan Limbah Cair dengan Sistem Kolam (Kolam Oksidasi)

Prinsip sistem kolam atau sering disebut juga sebagai kolam oksidasi merupakan salah satu sistem pengolahan limbah cair tertua, dan merupakan perkembangan dari cara pembuangan limbah cair secara langsung ke badan air. Pada sistem kolam, konsentrasi mikroorganisme relatif kecil, suplai oksigen dan pengadukan berlangsung secara alami, sehingga proses perombakan bahan organik berlangsung relatif lama dan pada area yang luas.

Berbagai jenis mikroorganisme berperan dalam proses perombakan, tidak terbatas mikroorganisme aerobik, tetapi juga mikroorganisme anaerobik. Organisme heterotrof aerobik dan aerobik berperan dalam proses konversi bahan organik; organisme autotrof (fitoplankton, alga, tanaman air) mengambil bahan-bahan anorganik (nitrat dan fosfat) melalui proses fotosintesis (Gambar 7.14). Karena lamanya waktu tinggal limbah cair, maka organisme dengan waktu generasi tinggi (zooplankton, larva insekta, kutu air, ikan kecil) juga dapat tumbuh dan berkembang dalam

sistem kolam. Organisme tersebut hidup aktif di dalam air atau pada dasar kolam. Komposisi organisme sangat tergantung pada temperatur, suplai oksigen, sinar matahari, jenis dan konsentrasi substrat.

Sistem kolam dapat diterapkan untuk pengolahan limbah industri pangan dengan konsentrasi bahan organik rendah, terutama di daerah yang cukup tersedia lahan. Sistem kolam berfungsi untuk pengolahan limbah cair, sekaligus pengolahan sludge. Alga yang tumbuh dapat dipanen dan digunakan sebagai hial samping yang bermanfaat.



Gambar 7.14 Mekanisme Perombakan Bahan Organik dalam Sistem Kolam (Loehr, 1974)

Faktor pembatas sistem kolam adalah suplai oksigen. Sistem kolam umumnya dirancang untuk tingkat pembebanan rendah, sehingga laju pasokan oksigen dari atmosfer mencukupi kebutuhan oksigen bakteri, dan paling tidak bagian permukaan atas kolam selalu pada kondisi aerobik. Suplai oksigen merupakan faktor pembatas, pembebanan sistem serine didasarkan pada luas permukaan kolam dan dinyatakan dalam P- BOD₅/m²·hari, dan tidak

didasarkan pada volume kolam atau jumlah biomassa.

Sistem kolam umumnya dirancang dengan kedalaman maksimum 1,0 - 1,5 m, sehingga pencahayaan dan pengadukan oleh angin CALIP. Waktu tinggal hidrolis dalam kolam sekitar 20 hari. Kolam sebaiknya dibagi menjadi tiga bagian, sehingga dalam masing-masing bagian organisme dapat tumbuh secara optimum dan proses perombakan berlangsung lebih cepat.

Sistem kolam merupakan sistem pengolahan limbah cair sederhana yang tidak memerlukan peralatan mekanis, mudah dioperasikan dan tidak memerlukan biaya tinggi. Kekurangan sistem ini adalah sangat tergantung pada cuaca, dan memerlukan lahan luas, serta berpotensi menimbulkan bau busuk terutama pada malam hari dimana suplai oksigen tidak mencukupi untuk proses aerobik. Selain itu, kolam juga dapat digunakan sebagai tempat berkembang biak nyamuk.

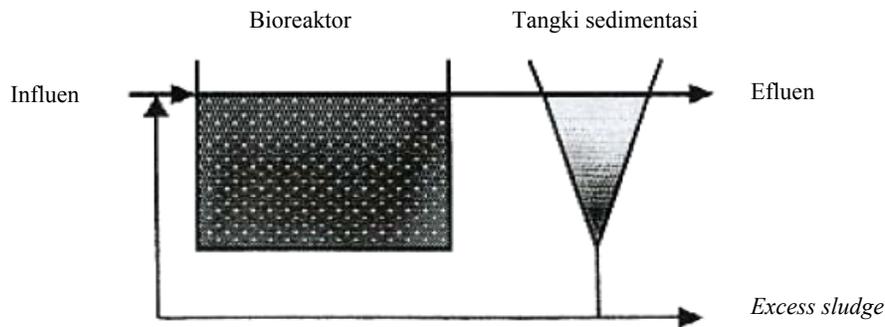
Pengolahan Limbah Cair dengan Sistem Lumpur Aktif

Prinsip pengolahan limbah dengan sistem Lumpur aktif pada dasarnya terdiri atas dua unit proses utama, yaitu bioreaktor (tangki aerasi) dan tangki sedimentasi. Dalam sistem lumpur aktif, limbah cair dan biomassa dicampur secara sempurna dalam suatu reaktor dan diaerasi.

Pada umumnya, aerasi ini juga berfungsi sebagai sarana pengadukan suspensi tersebut. Suspensi biomassa dalam limbah cair kemudian dialirkan ke tangki sedimentasi dimana biomassa dipisahkan dari air yang telah diolah. Sebagian biomassa yang terendapkan dikembalikan ke bioreaktor, dan air yang telah terolah dibuang ke lingkungan. Agar konsentrasi biomassa di dalam reaktor konstan ($MLSS = 3 - 5 \text{ g/L}$), sebagian biomassa dikeluarkan dari sistem tersebut sebagai *excess sludge*.

Dalam sistem tersebut, mikroorganisme dalam biomassa (bakteri dan protozoa) mengkonversi bahan organik terlarut sebagian menjadi produk akhir (air, karbon dioksida), dan sebagian lagi menjadi sel (biomassa). Oleh karena itu, agar proses perombakan bahan organik berlangsung secara optimum syarat berikut harus terpenuhi yaitu: polutan dalam limbah cair harus kontak dengan mikroorganisme, suplai oksigen cukup, cukup nutrien, cukup waktu tinggal (waktu kontak), dan cukup biomassa jumlah dan Jenis).

Tujuan pengolahan limbah cair dengan sistem lumpur aktif dapat dibedakan menjadi 4 (empat) yaitu penyisihan senyawa karbon (oksidasi karbon), penyisihan senyawa nitrogen, penyisihan fosfor, dan penstabilisasian lumpur secara aerobik simultan. Pada penyisihan senyawa karbon (bahan organik), polutan berupa bahan organik dioksidasi secara enzimatik oleh oksigen yang berada dalam limbah cair. Jadi senyawa karbon dikonversi menjadi karbon dioksida. Eliminasi nutrien (nitrogen dan fosfor) dilakukan terutama untuk mencegah terjadinya eutrofikasi pada perairan. Adapun skema umum pengolahan limbah cair dengan sistem lumpur aktif dapat dilihat pada Gambar 7.15.



Gambar 7.15 Skema Proses Lumpur Aktif.

Sumber: (Dirjen Industri Kecil Menengah Dept. Perindustrian, 2007).

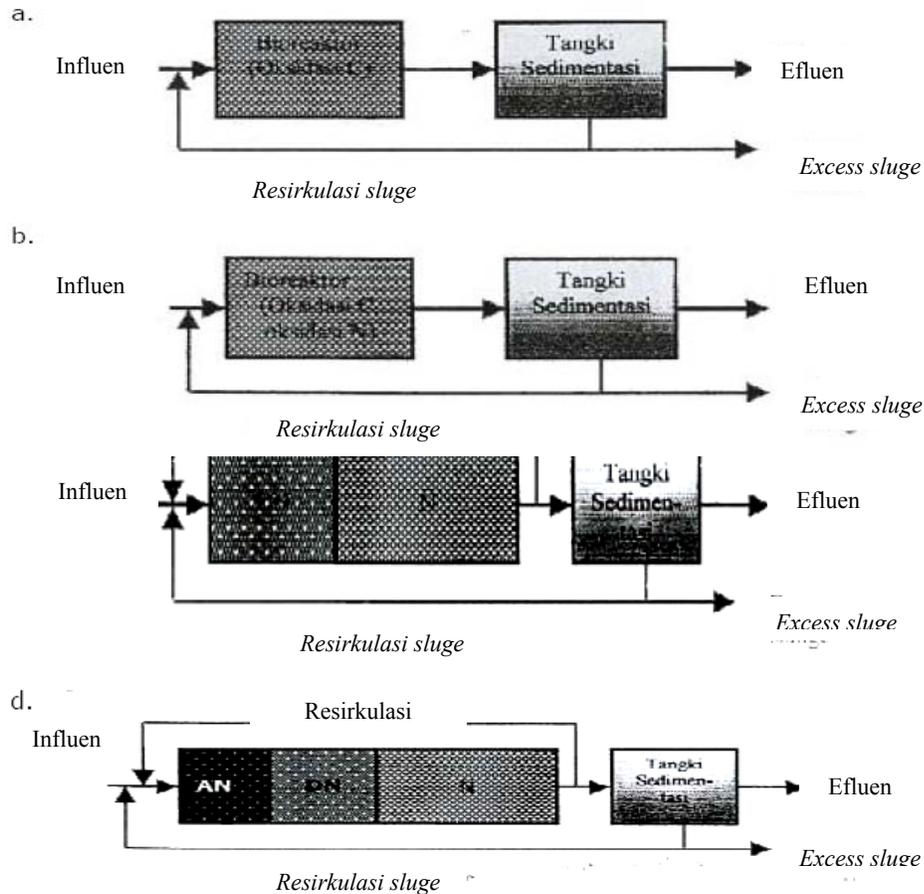
Parameter desain yang penting dalam sistem lumpur aktif adalah tingkat pembebanan, konsentrasi biomassa, konsentrasi oksigen terlarut, lama waktu aerasi, umur lumpur, dan suplai oksigen. Konsentrasi mikroorganisme (biomassa) diukur dari konsentrasi padatan tersuspensi (*Mixed Liquor Suspended Solids/ MLSS*). Nilai tipikal parameter desain/operasi sistem lumpur aktif untuk berbagai tujuan dapat dilihat pada Tabel 7.3.

Untuk eliminasi fosfor diperlukan zona anaerobik dengan waktu kontak minimum 0,75 jam. Untuk pengolahan limbah cair dalam jumlah kecil, sistem lumpur aktif didesain dan dioperasikan pada beban rendah (<0,05 kg BOD₅/kgMLSS.hari) atau umur lumpur sangat tinggi (<25 hari) dan tidak diperlukan pembuangan sludge (stabilisasi sludge) karena laju pertumbuhan sama dengan laju perombakan mikroorganisme.

Tabel 7.3 Nilai Tipikal Parameter Desain/Operasi Sistem Lumpur Aktif

Parameter	Satuan	Oksidasi karbon	Nitrifikasi dan Denitrifikasi	Stabilisasi Lumpur
Laju pembebanan <i>sludge</i>	kgBOD ₅ /kgMLSS hari	0,3 – 0,5	0,15	0,05
Laju pembebanan ruang	kgBOD ₅ /m ³ hari	-	-	-
MLSS	g/L	2,5 – 4,5	2,5 – 4,5	4 – 5
Waktu tinggal hidrolis (waktu aerasi)	Jam	0,5 – 1	1,5 – 3	-
Waktu tinggal sel (<i>sludge age</i>)	Hari	2 – 5	8 - 10 10 - 18	> 25
Suplai oksigen	kgO ₂ /kgBOD ₅	1,3 – 1,5	2,9 dan 2,6	2,5 – 3,5
Konsentrasi oksigen terlarut	mg/L	2,0	2,0 dan 0	1,0

Sumber: Bischof, 1993

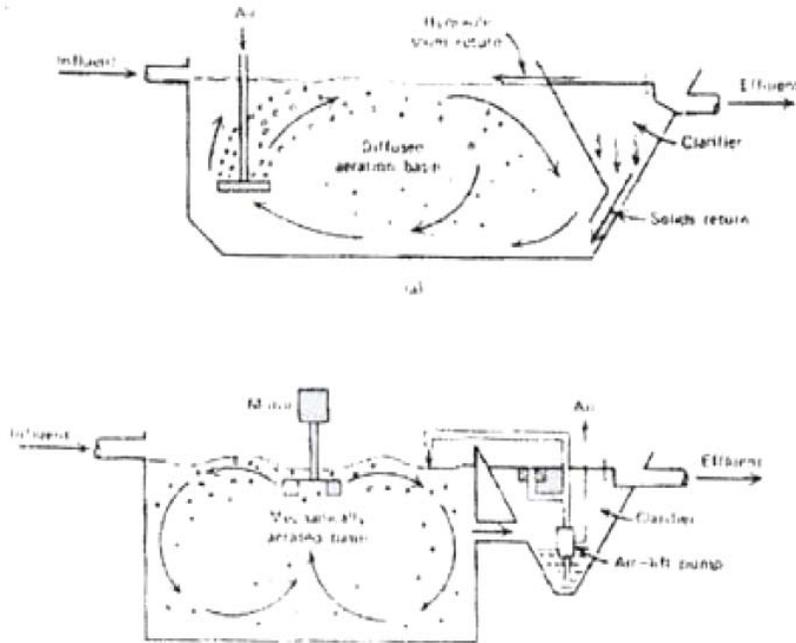


Gambar 7.16 Oksidasi karbon (A), Oksidasi Karbon dan Nitrifikasi (b), Oksidasi Karbon, Nitrifikasi dan Denitrifikasi (c), Oksidasi Karbon, Nitrifikasi-Denitrifikasi dan Eliminasi Fosfor Secara Biologis (Ket: N = Nitrifikasi, D = Denitrifikasi, AN = Eliminasi Fosfor)

Sumber: (Dirjen Industri Kecil Menengah Dept. Perindustrian, 2007).

Selain tangki aerasi, unit operasi lain yang penting dalam sistem lumpur aktif adalah unit sedimentasi untuk memisahkan biomassa dari limbah cair yang telah diolah. Tangki sedimentasi untuk sistem lumpur aktif biasanya didesain untuk waktu tinggal hidrolik 2 - 3,5 jam dengan laju pembebanan sekitar 1 - 2 m/jam. Untuk tujuan pengolahan limbah cair skala kecil, sistem lumpur aktif dapat disederhanakan dalam

konstruksinya. Contoh modifikasi sistem lumpur aktif skala kecil dapat dilihat pada Gambar 7.17.



Gambar 7.17 Skema Sistem Lumpur Aktif Skala Kecil: (A) Aerasi dan Dasar Klarifier Untuk Resirkulasi Sludge, Dan (B) Areasi Mekanis dengan Pompa Air-Lift Untuk Resirkulasi Sludge (Nathanson, 1997)

Sistem lumpur aktif dapat diterapkan untuk hampir semua jenis limbah cair industri pangan, baik untuk oksidasi karbon, nitrifikasi, denitrifikasi, maupun eliminasi fosfor secara biologis. Kendala yang mungkin dihadapi oleh dalam pengolahan limbah cair industri pangan dengan sistem ini kemungkinan adalah besarnya biaya investasi maupun biaya operasi, karena sistem ini memerlukan peralatan mekanis seperti pompa dan blower. Biaya operasi umumnya berkaitan dengan pemakaian energi listrik.

Hampir semua jenis limbah cair industri pangan dapat diolah dengan sistem lumpur aktif seperti limbah cair industri tapioka, industri nata de coco, industri kecap, dan

industri tahu. Sistem lumpur aktif dapat digunakan untuk mengeliminasi bahan organik dan nutrisi (nitrogen dan fosfor) dari limbah cair terlarut.

7.6. Teknologi Pengomposan

Kompos menurut definisi J.H. Crawford (2003) adalah hasil dekomposisi parsial/tidak lengkap, dipercepat secara artifisial dari campuran bahan-bahan organik oleh populasi berbagai macam mikroba dalam kondisi lingkungan yang hangat, lembab, dan aerobik. Kompos memiliki banyak manfaat yang dapat ditinjau dari beberapa aspek antara lain:

Aspek Ekonomi :

1. Menghemat biaya untuk transportasi dan penimbunan limbah
2. Mengurangi volume/ukuran limbah
3. Memiliki nilai jual yang lebih tinggi dari pada bahan asalnya

Aspek Lingkungan :

1. Mengurangi polusi udara karena pembakaran limbah
2. Mengurangi kebutuhan lahan untuk penimbunan

Aspek bagi tanah/tanaman:

1. Meningkatkan kesuburan tanah
2. Memperbaiki struktur dan karakteristik tanah
3. Meningkatkan kapasitas jerap air tanah
4. Meningkatkan aktivitas mikroba tanah
5. Meningkatkan kualitas hasil panen (rasa, nilai gizi, dan jumlah panen)
6. Menyediakan hormon dan vitamin bagi tanaman
7. Menekan pertumbuhan/serangan penyakit tanaman
8. Meningkatkan retensi/ketersediaan hara di dalam tanah



Gambar 7.18 Kompos
Sumber: Isro'i, tanpa tahun

Faktor-faktor yang mempengaruhi proses pengomposan antara lain: rasio C/N, ukuran partikel, aerasi, porositas, kandungan air, suhu, pH, kandungan hara, dan kandungan bahan-bahan berbahaya. Rasio C/N yang efektif untuk proses pengomposan berkisar antara 30: 1 hingga 40:1. Mikroba dapat memecah senyawa C sebagai sumber energi dan menggunakan N untuk sintesis protein. Pada rasio C/N di antara 30 s/d 40 mikroba mendapatkan cukup C untuk energi dan N untuk sintesis protein. Apabila rasio C/N terlalu tinggi, mikroba akan kekurangan N untuk sintesis protein sehingga dekomposisi berjalan lambat.

Ukuran Partikel berhubungan dengan permukaan area dan udara yang merupakan tempat aktivitas mikroba. Permukaan area yang lebih luas akan meningkatkan kontak antara mikroba dengan bahan dan proses dekomposisi akan berjalan lebih cepat. Ukuran partikel juga menentukan besarnya ruang antar bahan (porositas). Untuk meningkatkan luas permukaan dapat dilakukan dengan memperkecil ukuran partikel bahan tersebut. Aerasi secara alami akan terjadi pada saat terjadi peningkatan suhu yang menyebabkan udara hangat keluar dan udara yang lebih dingin masuk ke dalam tumpukan kompos. Aerasi ditentukan oleh porositas dan kandungan air bahan (kelembaban). Apabila aerasi terhambat, maka akan terjadi proses anaerob yang akan menghasilkan bau yang tidak

sedap. Aerasi dapat ditingkatkan dengan melakukan pembalikan atau mengalirkan udara di dalam tumpukan kompos. Pengomposan yang cepat dapat terjadi dalam kondisi yang cukup oksigen (aerob).

Porositas adalah ruang diantara partikel di dalam tumpukan kompos. Porositas dihitung dengan mengukur volume rongga dibagi dengan volume total. Rongga-rongga ini akan diisi oleh air dan udara. Udara akan mensuplay Oksigen untuk proses pengomposan. Apabila rongga dijenuhi oleh air, maka pasokan oksigen akan berkurang dan proses pengomposan juga akan terganggu.

Kelembaban (*moisture content*) memegang peranan yang sangat penting dalam proses metabolisme mikroba dan secara tidak langsung berpengaruh pada suplay oksigen. Mikroorganisme dapat memanfaatkan bahan organik apabila bahan organik tersebut larut di dalam air. Kelembaban 40 - 60 % adalah kisaran optimum untuk metabolisme mikroba. Apabila kelembaban di bawah 40%, aktivitas mikroba akan mengalami penurunan dan akan lebih rendah lagi pada kelembaban 15%. Apabila kelembaban lebih besar dari 60%, hara akan tercuci, volume udara berkurang, akibatnya aktivitas mikroba akan menurun dan akan terjadi fermentasi anaerobik yang menimbulkan bau tidak sedap.

Temperatur yang terukur merupakan panas yang dihasilkan oleh aktivitas mikroba. Terdapat hubungan langsung antara peningkatan suhu dengan konsumsi oksigen. Semakin tinggi temperatur akan semakin banyak konsumsi oksigen dan akan semakin cepat pula proses dekomposisi. Peningkatan suhu dapat terjadi dengan cepat pada tumpukan kompos. Temperatur yang berkisar antara 30–60°C menunjukkan aktivitas pengomposan yang cepat. Suhu yang lebih tinggi dari 60°C akan membunuh sebagian mikroba dan hanya mikroba termofilik saja yang akan tetap bertahan hidup. Suhu yang tinggi juga akan membunuh mikroba-mikroba patogen tanaman dan benih-benih gulma.

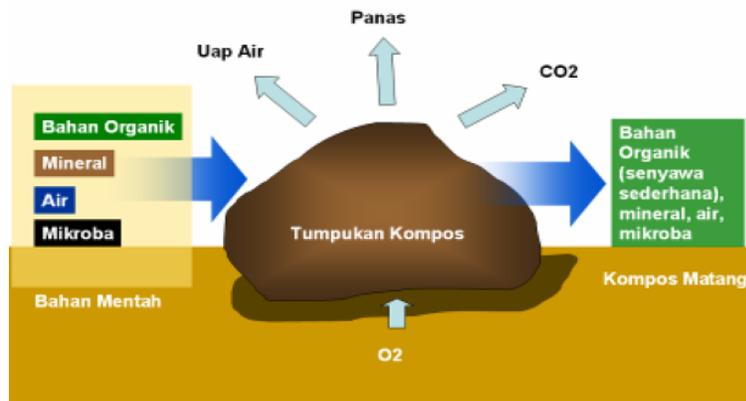
Selama proses pengomposan terjadi perubahan nilai pH pada kisaran yang sangat lebar. pH yang optimum untuk proses pengomposan berkisar antara 6,5 sampai 7,5. pH kotoran ternak umumnya berkisar antara 6,8 hingga 7,4. Proses pengomposan sendiri akan menyebabkan perubahan pada bahan organik dan pH bahan itu sendiri. Sebagai contoh, proses pelepasan asam, secara temporer atau lokal, akan menyebabkan penurunan pH (pengasaman), sedangkan produksi amonia dari senyawa-senyawa yang mengandung nitrogen akan meningkatkan pH pada fase-fase awal pengomposan. pH kompos yang sudah matang biasanya mendekati netral.

Kandungan hara yang terpenting adalah kandungan fosfor (P) dan kalium (K). Kedua unsur hara ini sangat penting dalam proses pengomposan dan biasanya terdapat di dalam kompos-kompos dari penanganan limbah hasil peternakan. Hara ini akan dimanfaatkan oleh mikroba selama proses pengomposan.

Beberapa bahan organik mungkin mengandung bahan-bahan yang berbahaya bagi kehidupan mikroba seperti logam-logam berat (Mg, Cu, Zn, Ni, dan Cr). Logam-logam berat ini akan mengalami imobilisasi selama proses pengomposan.

Tabel 3 Kondisi yang Optimal untuk Mempercepat Proses Pengomposan (Rynk, 1992)

Kondisi Ideal	Konsisi yang bisa diterima	
Rasio C/N	20:1 s/d 40:1	25-35:1
Kelembaban berat	40 – 65 %	45 – 62 %
Konsentrasi oksigen tersedia	> 5%	> 10%
Ukuran partikel	1 inchi	bervariasi
Bulk Density yd	1000 lbs/cu yd	1000 lbs/cu
pH	5.5 – 9.0	6.5 – 8.0
Suhu	43 – 66°C	54 -60°C



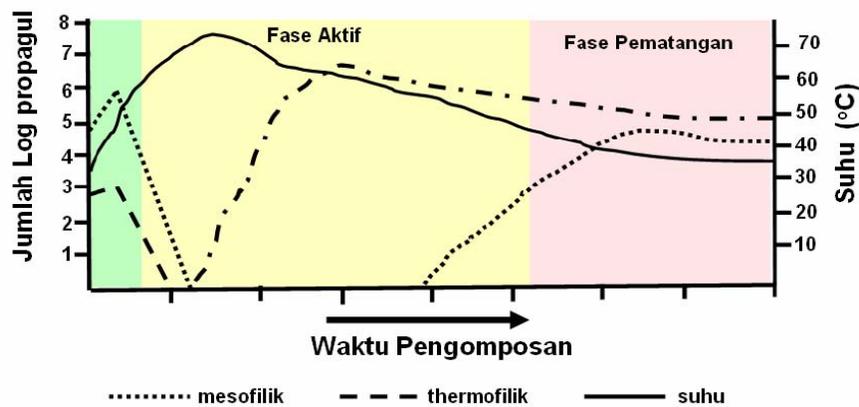
Gambar 7.19 Proses Umum Pengomposan Limbah Padat Organik (Rynk, 1992 dalam Isroi, tanpa tahun)

Pengomposan dapat dipercepat dengan beberapa strategi. Secara umum strategi untuk mempercepat proses pengomposan dapat dikelompokkan menjadi dua, yaitu:

1. Menmanipulasi kondisi/faktor-faktor yang berpengaruh pada proses pengomposan.
2. Menambahkan organisme yang dapat mempercepat proses pengomposan: mikroba pende-gradasi bahan organik dan vermikompos (cacing).

Strategi menmanipulasi kondisi pengomposan banyak dilakukan di awal-awal berkembangnya teknologi pengomposan. Kondisi

atau faktor-faktor pengomposan dibuat seoptimum mungkin. Sebagai contoh, rasio C/N yang optimum adalah 25-35:1. Untuk membuat kondisi ini bahan-bahan yang mengandung rasio C/N tinggi dicampur dengan bahan yang mengandung rasio C/N rendah, seperti kotoran ternak. Ukuran bahan yang besar-besar dicacah sehingga ukurannya cukup kecil dan ideal untuk proses pengomposan. Bahan yang terlalu kering diberi tambahan air atau bahan yang terlalu basah dikeringkan terlebih dahulu sebelum proses pengomposan. Demikian pula untuk faktor-faktor lainnya.



Gambar 7.20. Perubahan Suhu dan Jumlah Mikroba Selama Proses Pengomposan (Isro'i, tanpa tahun)

Strategi yang lebih maju adalah dengan memanfaatkan organisme yang dapat mempercepat proses pengomposan. Organisme yang sudah banyak dimanfaatkan misalnya cacing tanah. Proses pengomposannya disebut vermikompos dan kompos yang dihasilkan dikenal dengan sebutan kascing. Organisme lain yang banyak diperguna-kan adalah

mikroba, baik bakteri, aktinomicetes, maupun kapang/cendawan. Saat ini di pasaran banyak sekali beredar aktivator-aktivator pengomposan, misalnya : *OrgaDec*, *SuperDec*, *EM4*, *Stardec*, *Starbio*, dll.



Gambar 7.21 OrgaDec (Isro'i, tanpa tahun)

Tabel 7.4 Organisme yang Terlibat dalam Proses Pengomposan

Kelompok Organisme kompos	Organisme	Jumlah/g
Mikroflora	Bakteri <i>Actinomicetes</i> Kapang	108 - 109
Mikrofauna	Protozoa	105 - 108
Makroflora	Jamur tingkat tinggi	104 - 106
Makrofauna	Cacing tanah, rayap semut, kutu, dll	104 - 105

Metode atau teknik pengomposan dapat dikelompokkan menjadi tiga kelompok berdasarkan tingkat teknologi yang dibutuhkan, yaitu :1. Pengomposan dengan teknologi rendah (*Low – Technology*)2. Pengomposan dengan teknologi sedang (*Mid – Technology*)3. Pengomposandengan teknologi tinggi (*High – Technology*)

Pengomposan dengan teknologi rendah contohnya adalah *Windrow Composting* (Gambar 7.22).

Kompos ditumpuk dalam barisan tumpukan yang disusun sejajar. Tumpukan secara berkala dibolak-balik untuk meningkatkan aerasi, menurunkan suhu apabila suhu terlalu tinggi, dan menurunkan kelembaban kompos. Teknik ini sesuai untuk pengomposan skala yang besar dengan lama pengomposan berkisar antara 3 hingga 6 bulan, yang tergantung pada karakteristik bahan yang dikomposkan.

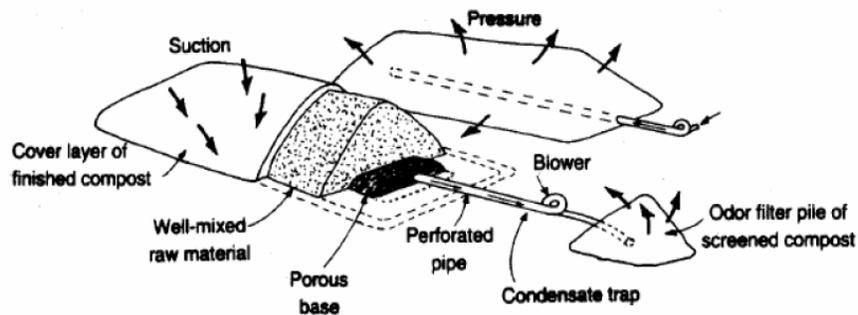


Gambar 7.22 Pengomposan dengan Teknik *Windrow Composting* (Isro'i, tanpa tahun)

Pengomposan dengan teknologi sedang antara lain yaitu:

Aerated static pile (Gambar 7.23).

Tumpukan/gundukan kompos (seperti *windrow system*) diberi aerasi dengan menggunakan blower mekanik. Tumpukan kompos ditutup dengan terpal plastik. Teknik ini dapat mempersingkat waktu pengomposan hingga 3-5 minggu.



Gambar 7.23 Pengomposan dengan Teknik *Aerated Static Pile* (Isro'i, tanpa tahun)

Aerated Compost Bins (Gambar 7.23)

Pengomposan dilakukan di dalam bak-bak yang di bawahnya diberi aerasi. Aerasi juga dilakukan

dengan menggunakan blower/pompa udara. Seringkali ditambahkan pula cacing (*vermi kompos*). Lama pengomposan kurang lebih 2 – 3 minggu dan kompos akan matang dalam waktu 2 bulan.

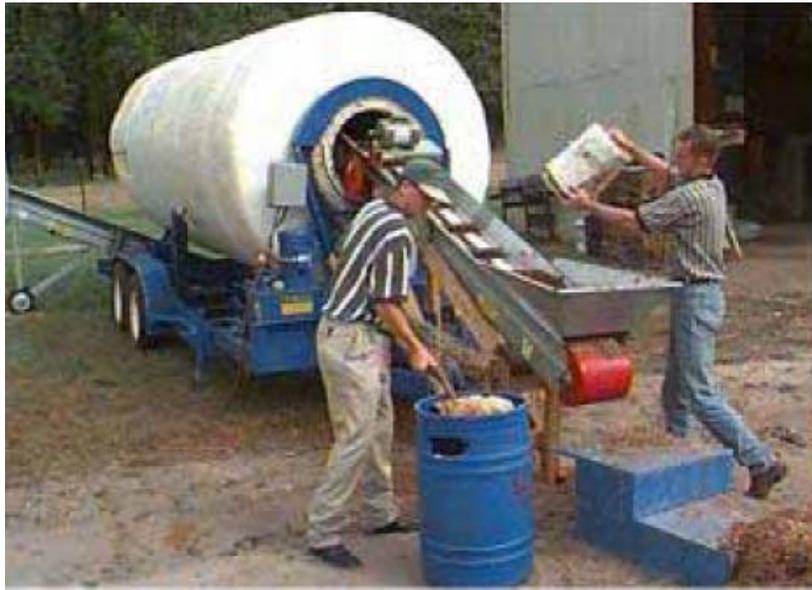


Gambar 7.24 Pengomposan dengan Teknik *Aerated Compost Bins* (Isro'i, tanpa tahun)

Pengomposan dengan teknologi tinggi menggunakan peralatan yang dibuat khusus untuk mempercepat proses pengomposan. Terdapat panel-panel untuk mengatur kondisi pengomposan dan lebih banyak dilakukan secara mekanis. Contoh-contoh pengomposan dengan teknologi tinggi antara lain:

Rotary Drum Composters **(Gambar 7.25)**

Pengomposan dilakukan di dalam drum berputar yang diran-cang khusus untuk proses pengomposan. Bahan-bahan mentah dihaluskan dan dicampur pada saat dimasukkan ke dalam drum. Drum akan berputar untuk mengaduk dan memberi aerasi pada kompos.



Gambar 7.25 Pengomposan dengan Teknik *Rotary Drum Composters* (Isro'i, tanpa tahun)

Box/Tunnel Composting System **(Gambar 26)**

Pengomposan dilakukan dalam kotak-kotak/bak skala besar. Bahan-bahan mentah akan dihaluskan dan dicampur secara mekanis. Tahap-tahap pengomposan berjalan di dalam beberapa bak/kotak sebelum akhirnya menjadi produk kompos yang telah matang. Sebagian

dikontrol dengan menggunakan komputer. Bak pengomposan dibagi menjadi dua zona, zona pertama untuk bahan yang masih mentah dan selanjutnya diaduk secara mekanis dan diberi aerasi. Kompos akan masuk ke bak zona ke dua dan proses pematangan kompos dilanjutkan.



Gambar 7.26 Pengomposan dengan Teknik *Box/Tunnel Composting System* (Isro'i, tanpa tahun)



Gambar 7.27 Skema Pengomposan di dalam *Box/Tunnel Composting System* (Isro'i, tanpa tahun)



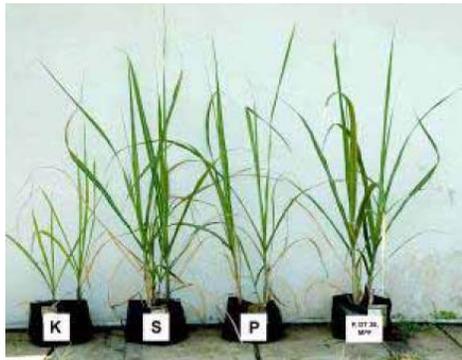
Gambar 7.28 *Mechanical Compost Bins* dan Pengoperasiannya (Isro'i, tanpa tahun)

Mechanical Compost Bins (Gambar 7.28)

Sebuah drum khusus yang dibuat untuk pengomposan limbah rumah tangga. Mikroba-mikroba yang terdapat di dalam kompos diakui memiliki manfaat yang sangat baik bagi tanah maupun tanaman. Namun, mikroba ini tersedia dalam jumlah yang relatif sedikit dan tidak seragam. Mikroba-mikroba yang bermanfaat bagi tanaman dapat ditambahkan dari luar untuk memperkaya dan meningkatkan kualitas kompos. Mikroba yang sering dimanfaatkan adalah:

- mikroba penambat nitrogen : *Azotobacter* sp, *Azospirillum* sp, *Rhizobium* sp, dll
- mikroba pelarut P dan K : *Aspergillus* sp, *Aeromonas* sp.
- mikroba agensia hayati : *Metharhizium* sp, *Trichoderma* sp,
- mikroba perangsang pertumbuhan tanaman : *Trichoderma* sp, *Pseudomonas* sp, *Azospirillum* sp.

Pengaruh kompos terhadap kualitas pertumbuhan tanaman dapat dilihat pada Gambar 7.29 dan 7.30 berikut.



Gambar 7.29 Pengaruh Pemberian Kompos Diperkaya Mikroba pada Tanaman Tebu

(K = kontrol tanpa pemupukan; S = pemupukan standar; P = kompos

Tabel 7.5 Standar Kualitas Kompos (SNI 19-7030-2004)

tanpa mikroba; P, DT 38, MPF = kompos diperkaya dengan mikroba)



Gambar 7.30 Pengaruh pemberian Kompos Diperkaya Mikroba pada Tanaman Jagung (Isro'i, tanpa tahun)

(K = kontrol; S = Standar; P = kompos; PM = kompos diperkaya mikroba)

Adapun kualitas kompos yang dihasilkan harus memenuhi standar nasional yaitu SNI 19-7030-2004 (Tabel 7.5).

No	Parameter	Satuan	Minimum	Maksimum
1.	Kadar Air	%	-	50
2	Temperatur	°C		suhu air tanah
3	Warna			kehitaman
4	Bau			berbau tanah
5	Ukuran partikel	mm	0,55	25
6	Kemampuan ikat air	%	58	-
7	pH	6,80	7,49	
8	Bahan asing	%	*	1,5
Unsur makro				
9	Bahan organik	%	27	58
10	Nitrogen	%	0,40	-
11	Karbon	%	9,80	32
12	Phosfor (P ₂ O ₅)	%	0.1	-
13	C/N-rasio	10	20	
14	Kalium (K ₂ O)	%	0,20	*
Unsur mikro				
15	Arsen	mg/kg	*	13
16	Kadmium (Cd)	mg/kg	*	3
17	Kobal (Co)	mg/kg	*	34
18	Kromium (Cr)	mg/kg	*	210
19	Tembaga (Cu)	mg/kg	*	100
20	Merkuri (Hg)	mg/kg	*	0,8
21	Nikel (Ni)	mg/kg	*	62
22	Timbal (Pb)	mg/kg	*	150
23	Selenium (Se)	mg/kg	*	2
24	Seng (Zn)	mg/kg	*	500
Unsur lain				
25	Kalsium	%	*	25.5
26	Magnesium (Mg)	%	*	0.6
27	Besi (Fe)	%	*	2
28	Aluminium (Al)	%	*	2.2
29	Mangan (Mn)	%	*	0.1
Bakteri				
30	Fecal Coli	MPN/gr		1000
31	Salmonella sp.	MPN/4 gr		3

Keterangan : * Nilainya lebih besar dari minimum atau lebih kecil dari maksimum

7.7. Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3)

Definisi limbah B3 dijelaskan dalam PP No. 18/1999 jo. PP No. 85/1999 tentang Pengelolaan Limbah B3. *Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3) adalah sisa suatu usaha dan/atau kegiatan yang mengandung bahan berbahaya dan/atau beracun yang karena sifat dan/atau konsentrasinya dan/atau jumlahnya, baik secara langsung maupun tidak langsung dapat mencemarkan dan/atau merusak lingkungan hidup, dan/atau dapat membahayakan lingkungan hidup, kesehatan, kelangsungan hidup manusia serta makhluk hidup lain.*

Karakteristik limbah B3 yaitu mudah meledak, mudah terbakar, reaktif, beracun, bersifat korosif, dan dapat menyebabkan infeksi pada manusia atau makhluk lainnya. Untuk menentukan pengaruh suatu limbah bersifat akut dan/atau kronik bagi manusia/makhluk hidup dapat dilakukan uji toksisitas dengan menggunakan hewan percobaan seperti tikus.

Ada 11 peraturan perundang-undangan yang mengatur tentang pengelolaan limbah B3 antara lain:

1. UU RI No. 23 Tahun 1997 tentang "Pengelolaan Lingkungan Hidup"
2. PP RI No. 18/1999 jo. PP No. 85/1999 tentang Pengelolaan Limbah B3 sebagai revisi dari PP RI No.19/1994 jo. PP No. 12/1995 tentang Pengelolaan Limbah B3.

3. Kepdal 01/BAPEDAL/09/1995 tentang "Tata Cara dan Persyaratan Teknis Penyimpanan dan Pengumpulan Limbah B3"
4. Kepdal 02/BAPEDAL/09/1995 tentang "Dokumen Limbah B3"
5. Kepdal 03/BAPEDAL/09/1995 tentang "Persyaratan Teknis Pengolahan Limbah B3"
6. Kepdal 04/BAPEDAL/09/1995 tentang "Tata Cara Penimbunan Hasil Pengolahan, Persyaratan Lokasi Bekas Pengolahan dan Lokasi Penimbunan Limbah B3"
7. Kepdal 05/BAPEDAL/09/1995 tentang "Simbol dan Label"
8. Kepdal 68/BAPEDAL/05/1994 tentang "Tata Cara Memperoleh Izin Pengelolaan Limbah B3"
9. Kepdal 02/BAPEDAL/01/1998 tentang "Tata Laksana Pengawasan Pengelolaan Limbah B3"
10. Kepdal 03/BAPEDAL/01/1998 tentang "Program Kendali B3"
11. Kepdal 255/BAPEDAL/08/1996 tentang "Tata Cara Persyaratan Penyimpanan dan Pengumpulan Minyak pelumas Bekas"

Jenis limbah B3 meliputi:

1. Limbah B3 dari sumber tidak spesifik; adalah limbah B3 yang berasal bukan dari proses utamanya tetapi berasal dari kegiatan pemeliharaan alat, pencucian, pelarutan kerak, pengemasan, dll.
2. Limbah B3 dari sumber spesifik; adalah limbah B3 sisa proses suatu industri atau kegiatan tertentu.

3. Limbah B3 dari bahan kimia kadaluwarsa, tumpahan, sisa kemasan, dan buangan produk yang tidak memenuhi spesifikasi.

Suatu industri yang menghasilkan limbah B3 wajib membuat dan menyimpan catatan mengenai :

1. jenis, karakteristik, jumlah, dan waktu dihasilkannya limbah B3.
2. Jenis, karakteristik, jumlah, dan waktu penyerahan limbah B3
3. Nama pengangkut limbah B3 yang melaksanakan pengiriman kepada pengumpul atau pengolah limbah B3.

Penghasil limbah B3 wajib menyampaikan catatan tersebut sekurang-kurangnya sekali dalam 6 bulan kepada Kepala Bapedal dengan tembusan kepada Pimpinan Instansi Pembina dan Gubernur Kepala Daerah Tingkat I. Penghasil, pemanfaat, pengangkut dan pengolah limbah B3 bertanggung jawab atas penanggulangan kecelakaan dan pencemaran lingkungan akibat lepas atau tumpahnya limbah B3 yang menjadi tanggung jawabnya. Di samping itu juga wajib segera menanggulangi pencemaran atau kerusakan lingkungan akibat kegiatannya.

Apabila penghasil, pemanfaat, pengumpul, pengangkut, dan pengolah limbah B3 tidak melakukan penanggulangan sebagaimana mestinya maka Bapedal atau pihak ketiga atas permintaan Bapedal dapat melakukan penanggulangan dengan biaya yang dibebankan

kepada penghasil, pengumpul, dan/atau pengolah limbah B3 yang bersangkutan.

Tata cara dan persyaratan teknis penyimpanan dan pengumpulan limbah B3 diatur berdasarkan Keputusan Kepala Badan Pengendalian Dampak Lingkungan Nomor: Kep-01/Bapedal/09/1995 yang meliputi.

1. Persyaratan pra pengemasan
 - a. Setiap penghasil/pengumpul limbah B3 harus dengan pasti mengetahui karakteristik limbah B3 yang dikumpulkannya. Bila ada keraguan dengan karakteristik limbah B3 yang dihasilkan/ dikumpulkan, maka limbah B3 tersebut harus diuji karakteristik di laboratorium yang telah mendapat persetujuan Bapedal dengan prosedur dan metode yang ditetapkan Bapedal.
 - b. Bentuk kemasan dan bahan kemasan dipilih berdasarkan kecocokannya terhadap jenis dan karakteristik limbah yang akan dikemasnya.
2. Persyaratan umum kemasan
 - a. Kemasan untuk limbah B3 harus dalam kondisi baik, tidak rusak dan bebas dari pengkaratan dan kebocoran
 - b. Bentuk, ukuran, dan bahan kemasan limbah B3 disesuaikan dengan karakteristik limbah B3 yang akan dikemas dengan mempertimbangkan keamanan dan kemudahan dalam penanganan.

- c. Kemasan dapat terbuat dari bahan plastik/PVC atau bahan logam (teflon, baja karbon) dengan syarat bahan kemasan yang dipergunakan tersebut tidak bereaksi dengan limbah B3 yang disimpannya.
3. Prinsip pengemasan limbah B3
 - a. Limbah B3 yang tidak saling cocok tidak boleh disimpan dalam satu kemasan yang disebut Incompatible Chemical, contoh : Asam asetat tidak boleh dicampur dengan asam Nitrat, asam Kromat, Peroksida sebab bisa terjadi asap beracun.
 - b. Untuk mencegah resiko timbulnya bahaya selama penyimpanan, maka jumlah pengisian limbah dalam kemasan harus mempertimbangkan kemungkinan terjadinya pengembangan volume limbah, pembentukan gas atau terjadinya kenaikan tekanan
 - c. Jika kemasan yang berisi limbah B3 sudah dalam kondisi yang tidak layak atau jika mulai bocor, maka limbah B3 tersebut harus dipindahkan kedalam kemasan lain yang memenuhi syarat.
 - d. Kemasan yang telah berisi limbah B3 harus diberi penandaan sesuai dengan ketentuan yang berlaku dan disimpan dengan ketentuan dan tata cara bagi penyimpanan limbah B3
 4. Tata cara pengemasan limbah B3
 - Persyaratan pengemasan limbah B3
 - a. Kemasan (drum, tong atau bak kontainer yang digunakan harus :
 - dalam kondisi baik, tidak bocor, berkarat atau rusak
 - terbuat dari bahan yang cocok dengan karakteristik limbah B3 yang akan disimpan
 - mampu mengamankan limbah B3 yang disimpan didalamnya
 - memiliki penutup yang kuat untuk mencegah tumpahansaat dilakukan pemindahan atau pengangkutan
 - b. Kemasan yang digunakan untuk pengemasan limbah dapat berupa drum /tong dengan volume 50 liter, 100 liter atau 200 liter atau dapat pula berupa bak kontainer berpenutup dengan kapasitas 2m^3 , 4m^3 atau 8m^3
 - c. Limbah B3 yang disimpan dalam satu kemasan adalah limbah yang sama, atau dapat pula disimpan bersama-sama dengan limbah lain yang memiliki karakteristk yang sama.
 - e. Kemasan wajib dilakukan pemeriksaan oleh penanggung jawab pengelolaan limbah B3 untuk memastikan tidak terjadi kerusakan atau kebocoran pada kemsan akibat korosi atau faktor lainnya.

- d. Pengisian limbah B3 dalam satu kemasan harus mempertimbangkan karakteristik dan jenis limbah, pengaruh pemuaiian limbah, pembentukan gas dan kenaikan tekanan selama penyimpanan.
 - untuk limbah B3 cair harus mempertimbangkan ruangan untuk pengembangan volume dan pembentukan gas.
 - untuk limbah B3 yang bereaksi sendiri sebaiknya tidak menyisakan ruang kosong dalam kemasan
 - untuk limbah B3 yang mudah meledak kemasan dirancang tahan akan kenaikan tekanan dari dalam dan dari luar kemasan.
 - e. Kemasan yang telah terisi penuh dengan limbah B3 harus:
 - ditandai dengan simbol dan label yang sesuai dengan ketentuan mengenai penandaan kemasan limbah B3
 - selalu dalam keadaan tertutup rapat dan hanya dapat dibuka jika akan dilakukan penambahan atau pengambilan limbah dari dalamnya
 - disimpan ditempat yang memenuhi persyaratan untuk penyimpanan limbah B3 serta mematuhi tata cara penyimpanannya
 - f. Terhadap drum/tong atau bak kontainer yang telah terisi limbah B3 dan disimpan ditempat penyimpanan harus dilakukan pemeriksaan kondisi kemasan sekurang-kurangnya 1 (satu) minggu satu kali.
 - g. Kemasan bekas mengemas limbah B3 dapat digunakan kembali untuk mengemas limbah B3 dengan karakteristik :
 - sama dengan limbah B3 sebelumnya
 - saling cocok dengan limbah B3 yang dikemas sebelumnya. Jika akan digunakan untuk mengemas limbah B3 yang tidak saling cocok, maka kemasan tersebut harus dicuci bersih terlebih dulu sebelum digunakan.
 - h. Kemasan yang telah rusak (bocor atau berkarat) dan kemasan yang tidak digunakan kembali sebagai kemasan limbah B3 harus diperlakukan sebagai limbah B3.
5. Tata cara penyimpanan limbah B3
 - a. Penyimpanan dengan kemasan harus dibuat dengan sistem blok. Setiap blok terdiri dari 2 x 2 kemasan, sehingga dapat dilakukan pemeriksaan menyeluruh terhadap setiap kemasan sehingga jika terjadi kerusakan dapat segera ditangani
 - b. Lebar gang antar blok harus memenuhi persyaratan yaitu untuk lewat manusia minimal 60 cm dan untuk lalu lintas kendaraan (forklift) disesuaikan dengan kelayakan pengoperasiannya.

- c. Penumpukan kemasan limbah B3 harus mempertimbangkan kestabilan tumpukan kemasan. Jika kemasan berupa drum logam (isi 200 liter), maka tumpukan maksimal adalah 3 lapis dengan tiap lapis dialasi palet (setiap palet mengalasi 4 drum). Jika tumpukan lebih dari 3 lapis atau kemasan terbuat dari plastik maka harus dipergunakan rak.
- d. Kemasan-kemasan berisi limbah B3 yang tidak saling cocok harus disimpan secara terpisah, tidak dalam satu blok, dan tidak dalam bagian penyimpanan yang sama. Penempatan kemasan harus dengan syarat bahwa tidak ada kemungkinan bagi limbah-limbah yang tersebut jika terguling/ tumpah akan tercampur masuk kedalam bak penampungan bagian yang lain.
- e. Mengingat kemungkinan resiko/bahaya yang dapat terjadi akibat kesalahan dalam penanganan limbah B3, maka diharapkan setiap karyawan yang berhubungan langsung/ tidak dengan masalah limbah B3 ini dapat melaksanakan sistem manajemen tentang penanganan limbah B3 dengan sebaik-baiknya.
- f. Hal ini sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku yaitu :
- PP Nomor 19 Tahun 1994 tentang Pengelolaan Limbah B3
 - PP Nomor 12 Tahun 1995 tentang Perubahan PP No.19 Tahun 1994
 - KEPKA BAPEDAL No. 68/BAPEDAL/05/1994

Rangkuman

Limbah adalah buangan yang dihasilkan dari suatu proses produksi baik industri maupun domestik (rumah tangga), yang kehadirannya pada suatu saat dan tempat tertentu tidak dikehendaki lingkungan karena tidak memiliki nilai ekonomis.

Limbah pertanian adalah hasil sampingan dari aktivitas pertanian yang biasanya kurang bernilai ekonomis bahkan tidak laku dijual. Limbah tanaman pangan dan perkebunan memiliki peran yang cukup penting dan berpotensi dalam penyediaan pakan hijauan bagi ternak.

Proses pengolahan limbah menjadi pakan ternak dapat dilakukan secara kering (tanpa fermentasi) maupun dengan fermentasi. Kotoran ternak dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan kompos yang dapat digunakan sebagai pupuk tanaman. Pengolahan kotoran sapi menjadi kompos bisa dilakukan oleh peternak secara individu karena caranya sederhana, mudah diikuti dan bahannya tersedia di sekitar peternak sendiri.

Pengetahuan tentang sifat-sifat limbah sangat penting dalam pengembangan suatu sistem pengelolaan limbah yang layak. Pengelolaan limbah industri pangan (cair, padat dan gas) diperlukan untuk meningkatkan pencapaian tujuan pengelolaan limbah (pemuahan peraturan pemerintah), serta untuk meningkatkan efisiensi pemakaian sumber daya.

Pencemaran air adalah suatu perubahan keadaan di suatu tempat penampungan air seperti danau, sungai, lautan dan air tanah akibat aktivitas manusia yang mengganggu kebersihan dan atau keamanan lingkungan. Limbah cair biasanya dihasilkan oleh industri. Secara umum penanganan limbah cair dapat dilakukan dengan metode perlakuan secara fisik, perlakuan secara kimia dan perlakuan secara biologi. Pengolahan limbah cair dapat dilakukan dengan sistem kolam atau sering disebut juga sebagai kolam oksidasi dan sistem Lumpur aktif.

Bahan limbah yang lain adalah limbah B3. Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3) adalah sisa suatu usaha dan/atau kegiatan yang mengandung bahan berbahaya dan/atau beracun yang karena sifat dan/atau konsentrasinya dan/atau jumlahnya, baik secara langsung maupun tidak langsung dapat mencemarkan dan/atau merusak lingkungan hidup, dan/atau dapat membahayakan lingkungan hidup, kesehatan, kelangsungan hidup manusia serta makhluk hidup lain.

Soal Latihan

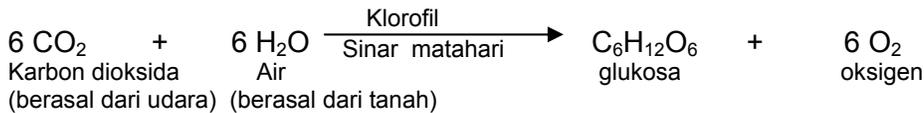
1. Apakah limbah itu?
2. Apakah pencemaran air itu?
3. Pada dasarnya pengolahan limbah dapat dibedakan menjadi apa saja?
4. Sebutkan indikasi terjadinya pencemaran air?
5. Apakah aspek ekonomi dari pembuatan kompos?
6. Strategi apa yang dapat dilakukan untuk mempercepat proses pengomposan?
7. Mikroba apa saja yang sering dimanfaatkan untuk meningkatkan kualitas kompos?
8. Apakah definisi limbah bahan beracun dan berbahaya?

VIII. KIMIA PANGAN

8.1. Karbohidrat

Karbohidrat merupakan kelompok nutrisi penting di dalam menu/diet dan berfungsi sebagai sumber energi. Karbohidrat mengandung

unsur-unsur karbon (C), hidrogen (H), dan oksigen (O). Karbohidrat diproduksi di dalam tanaman melalui proses fotosintesis. Proses tersebut dapat digambarkan dalam persamaan reaksi sebagai berikut :



Karbon dioksida dari udara bereaksi dengan air yang ada di dalam tanah. Oleh klorofil yang terkandung dalam daun dan dengan bantuan sinar matahari sebagai energi surya, maka akan terbentuk glukosa sebagai salah satu anggota kelompok karbohidrat dan air.

Klorofil merupakan pigmen atau zat hijau daun yang berperan sangat penting dalam menyerap energi dari sinar matahari sehingga tanaman mampu membentuk karbohidrat dari karbon dioksida dan air.

Karbohidrat dibagi menjadi 3 kelompok utama didasarkan atas ukuran dari molekulnya, yaitu monosakarida, disakarida, dan polisakarida. Monosakarida dan disakarida sering dikenal juga dengan sebutan gula (*sugar*). Sedangkan polisakarida dikenal sebagai non gula (*non-sugars*), misalnya pati. Pengelompokan

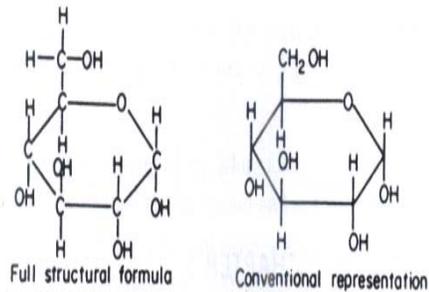
atau pembagian karbohidrat berdasarkan ukuran molekulnya diklasifikasikan sebagai berikut : monosakarida, oligosakarida, polisakarida. Monosakarida terdiri atas 1 unit glukosa. Oligosakarida merupakan kelompok karbohidrat yang terdiri atas 2-10 unit monosakarida, sedangkan polisakarida terdiri atas banyak (lebih dari 10) unit monosakarida.

8.1.1. Monosakarida

Gula monosakarida biasanya ditemukan di dalam bahan pangan, mengandung 6 atom karbon, dan secara umum memiliki formula $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$. Tiga anggota monosakarida terpenting adalah :

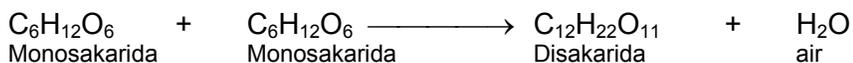
Glukosa (juga dikenal sebagai dekstrosa)

Struktur dari molekul glukosa dapat dilihat pada gambar 8.1.



Gambar 8.1 Struktur glukosa

Gambar tersebut merupakan representasi dari atom karbon. Kandungan glukosa di dalam buah-buahan dan sayuran bervariasi. Jumlah glukosa yang cukup besar terdapat pada buah-buahan seperti anggur, sedangkan pada sayuran ditemukan kandungan glukosa yang lebih rendah, seperti pada buncis muda dan wortel. Glukosa juga ditemukan di dalam darah binatang. Sirup glukosa atau dikenal sebagai glukosa komersial tidak hanya mengandung glukosa murni, tetapi merupakan campuran glukosa, karbohidrat lain dan air.



Reaksi di atas merupakan salah satu contoh reaksi kondensasi, suatu reaksi yang merupakan gabungan dua molekul kecil untuk membentuk satu molekul yang lebih besar dengan melepaskan satu molekul kecil biasanya air dari kedua senyawa tersebut. Jenis-jenis disakarida yang penting antara lain sukrosa, laktosa, dan maltosa

Fruktosa (juga dikenal sebagai levulosa)

Secara kimia hampir sama dengan glukosa, hanya saja letak (susunan) dari atom-atom di dalam molekulnya sedikit berbeda. Fruktosa ditemukan bersama-sama glukosa di beberapa buah-buahan dan madu.

Galaktosa

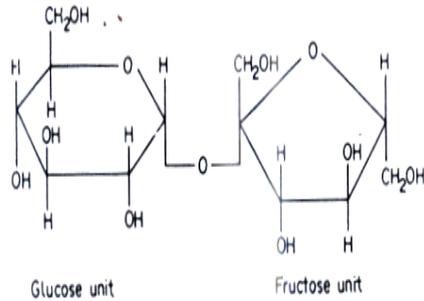
Monosakarida jenis ini secara kimia juga hampir sama dengan glukosa, Senyawa ini tidak eksis di dalam makanan, tetapi diproduksi laktosa suatu disakarida dipecah selama pencernaan.

8.1.2. Disakarida

Gula jenis ini secara umum mempunyai formula $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$. Senyawa ini dibentuk ketika dua molekul monosakarida bergabung dengan melepaskan satu molekul air.

Sukrosa

Sukrosa dikenal secara umum sebagai gula rumah tangga dan diproduksi di dalam tanaman melalui kondensasi glukosa dan fruktosa. Struktur molekul sukrosa tersaji pada gambar 8.2.



Gambar 8.2. Struktur sukrosa

Sukrosa ditemukan di beberapa jenis buah-buahan dan sayuran, Gula tebu dan gula bit mengandung senyawa ini dalam jumlah yang relatif cukup banyak. Gula tebu dan bit, diperoleh melalui proses ekstraksi gula secara komersial.

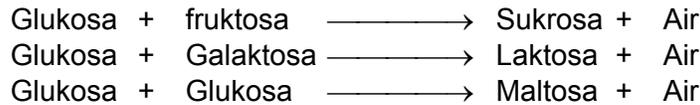
Laktosa

Gula jenis ini dibentuk dari kondensasi glukosa dan galaktosa. Disakarida jenis ini hanya ditemukan pada susu (*milk*), sebagai sumber karbohidrat.

Maltosa

Maltosa dibentuk dari kondensasi dua molekul glukosa. Selama germinasi atau perkecambahan barley, pati yang terkandung dipecah menjadi maltosa. Malt merupakan suatu kandungan penting di dalam proses pembuatan bir.

Jika digambarkan secara ringkas maka pembentukan disakarida adalah sebagai berikut :



8.1.2.1. Karakteristik Gula

Kenampakan dan Kelarutan

Semua gula berwarna putih, mengandung kristal yang larut dalam air.

Kemanisan

Semua gula berasa manis, hanya saja mempunyai tingkat kemanisan yang berbeda-beda. Tingkat kemanisan yang berbeda dari gula apabila dibandingkan menggunakan kemanisan sukrosa dengan skala poin 100. Tabel 8.1., menunjukkan tingkat kemanisan relatif dari beberapa jenis gula.

Tabel 8.1 Tingkat kemanisan relatif dari beberapa gula

Gula	Tingkat kemanisan relatif
Fruktosa	170
Gula invert (campuran glukosa&fruktosa)	130
Sukrosa	100
Glukosa	75
Maltosa	30
Galaktosa	30
Laktosa	15

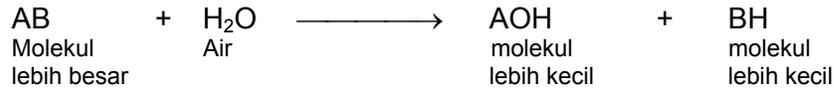
Sumber : Gaman *et al*, 1990

Hidrolisis

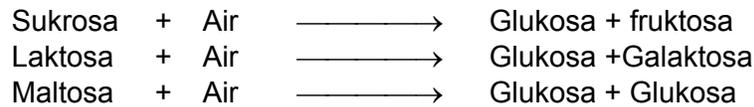
Disakarida jika terhidrolisis akan membentuk monosakarida. Hidrolisis merupakan pemecahan kimia suatu molekul dengan

kombinasi air, memproduksi molekul-molekul yang lebih kecil.

Proses ini dapat digambarkan melalui persamaan sebagai berikut:



Contoh :



Inversi sukrosa

Hidrolisis sukrosa juga dikenal sebagai inversi sukrosa dan produk yang dihasilkan berupa campuran glukosa dan fruktosa yang dikenal sebagai "gula invert". Proses inversi dapat terjadi dengan memanaskan sukrosa dengan asam atau penambahan enzim invertase.

Gula invert biasanya digunakan pada produksi jam, pemanis-pemanis yang diproses menggunakan uap, dan beberapa jenis kembang gula. Sejumlah kecil gula invert ditambahkan pada larutan sukrosa panas yang akan membantu mengurangi kristalisasi ketika larutan dingin.

Efek pemberian panas

Ketika gula dipanaskan maka akan mengalami karamelisasi. Meskipun

karamelisasi paling sering terjadi, ketika tidak ada penambahan air, larutan gula (sirup) akan membentuk karamel jika diberi perlakuan panas cukup. Karamel berasa manis, berwarna coklat dan merupakan campuran menyerupai komponen karbohidrat.

Sifat mereduksi

Semua monosakarida dan disakarida yang telah dipelajari sebelumnya kecuali sukrosa, dapat berperan sebagai senyawa pereduksi (*reducing agent*) dan oleh karenanya dikenal sebagai gula pereduksi. Kemampuan gula-gula ini untuk mereduksi agen-agen yang mengalami oksidasi membentuk beberapa uji dasar untuk glukosa dan gula-gula pereduksi lainnya. Sebagai contoh, gula-gula ini mereduksi ion tembaga (II) dari larutan Fehling membentuk ion tembaga (I) pada

proses pemanasan. Reaksi ini menghasilkan endapan berwarna orange. Sukrosa tidak tergolong sebagai gula pereduksi dan oleh karenanya tidak mereduksi larutan Fehling.

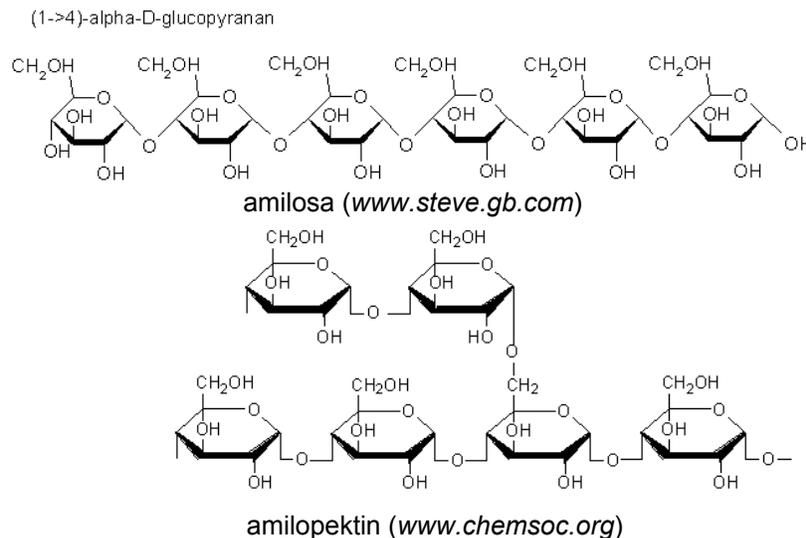
8.1.3. Polisakarida

Polisakarida merupakan senyawa hasil kondensasi polimer dari monosakarida dan terbuat dari beberapa molekul monosakarida yang bergabung bersama, dengan melepaskan satu molekul air. Senyawa ini secara umum mempunyai formula $(C_6H_{10}O_5)_n$, (n menunjukkan jumlah yang banyak). Jenis-jenis yang tergolong kelompok polisakarida adalah sebagai berikut.

Pati

Pati merupakan komponen utama pangan yang dihasilkan oleh tanaman. Pati merupakan campuran dua jenis polisakarida yang berbeda yaitu:

- Amilosa
Molekul amilosa terdiri atas 50 sampai 500 unit glukosa yang bergabung dalam rantai lurus.
- Amilopektin
Molekul ini mengandung lebih dari 100.000 unit glukosa yang bergabung dalam struktur dengan rantai bercabang. Skema dari struktur kedua senyawa tersebut dapat digambarkan sebagai berikut.



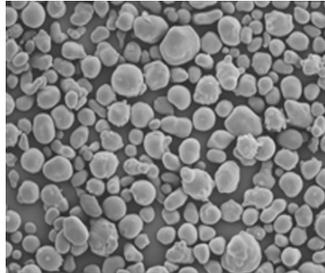
Gambar 8.3. Struktur molekul amilosa dan amilopektin.

Beberapa tanaman, termasuk gandum, beras, jagung, dan kentang, mengandung kira-kira 80% amilopektin dan 20% amilosa.

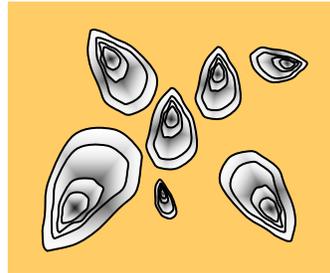
Percobaan mikroskopik memperlihatkan bahwa pati beberapa sel tanaman terlihat berupa granula-granula kecil.

Lapisan terluar tiap-tiap granula terdiri atas molekul-molekul pati yang rapat berhimpitan pada air dingin. Pati dari sumber-sumber tanaman yang berbeda dicirikan

dengan bentuk granula dan distribusi dari ukuran granula. Granula-granula pati kentang dan jagung terlihat pada gambar berikut.



Granula pati jagung



Granula pati kentang

Gambar 8.4. Tipe beberapa granula pati

Karakteristik Pati

- **Kenampakan dan Kelarutan**
Pati berwarna putih, tidak membentuk kristal powder yang tidak larut dalam air dingin.
- **Kemanisan**
Berbeda dengan monosakarida dan disakarida, pati dan polisakarida lainnya tidak memiliki rasa manis.

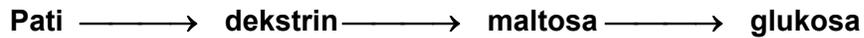
- **Hidrolisis**

Hidrolisis pati terjadi disebabkan oleh pengaruh asam atau suatu enzim. Jika pati dipanaskan dengan penambahan asam akan terpecah sempurna menjadi molekul-molekul yang lebih kecil, menghasilkan produk akhir glukosa.



Pada kondisi tersebut terdapat beberapa tahap reaksi. Sejumlah besar molekul-molekul pati pertama-tama akan terpecah menjadi molekul-molekul yang mempunyai rantai yang lebih pendek terdiri dari unit-unit glukosa yang dikenal sebagai dekstrin. Selanjutnya dekstrin akan terpecah menjadi molekul yang mempunyai rantai yang lebih pendek terdiri dari unit-unit glukosa yang dikenal

sebagai dekstrin. Selanjutnya dekstrin akan terpecah menjadi maltosa (mengandung dua unit glukosa) dan akhirnya maltosa akan terpecah menjadi glukosa. Rangkaian tahap reaksi tersebut dapat digambarkan secara skematis sebagai berikut.



Hidrolisis pati dapat juga terjadi oleh adanya pengaruh enzim. Selama pencernaan, enzim amilase memecah pati menjadi maltosa. Amilase terdapat pada biji-bijian yang sedang mengalami proses germinasi, dan dikenal juga dengan istilah diastase. Hal ini sangat penting pada pembuatan roti dan bir yang memproduksi gula (maltosa). Pada proses ini enzim yang ada pada yeast mampu memecah lebih lanjut dan memproduksi karbon dioksida dan alkohol.

Sirup glukosa komersial (glukosa cair) diproduksi dengan cara hidrolisis pati jagung menggunakan asam hidroklorida dan atau enzim amilase. Hidrolisis tidak sempurna dan sirup yang dihasilkan merupakan campuran glukosa, maltosa dan unit-unit glukosa dengan rantai yang lebih panjang. Tingkat hidrolisis dari sirup glukosa diukur dengan ekuivalen dekstrosa (DE). Sirup dengan DE tinggi mengandung lebih banyak dekstrosa (glukosa) dan oleh karena itu mempunyai tingkat kemanisan yang tinggi.

- **Efek oleh adanya panas**

Dengan adanya perlakuan panas, maka pati akan mengalami beberapa kejadian seperti gelatinisasi dan dekstrinasi.

Gelatinisasi

Gelatinisasi melibatkan adanya air. Jika suspensi pati dalam air

dipanaskan, air akan memenerasi ke dalam lapisan luar dari granula-granula pada permulaannya akan terjadi pengembangan. Kondisi ini terjadi pada temperatur meningkat dari 60°C sampai 80°C. Granula akan mengembang sampai volume mencapai kira-kira lima (5) kali dari volume semula. Ukuran granula meningkat, campuran menjadi viskus (kental). Pada suhu kira-kira 80°C granula pati akan terpecah dan mengandung air yang terdispersi ke dalamnya. Molekul-molekul dengan rantai lebih panjang mulai terlepas ikatannya dan campuran pati air menjadi lebih viskus, menjadi lengket dan membentuk sol. Pada proses pendinginan, jika proporsi pati terhadap air cukup besar, molekul-molekul pati membentuk jaringan dengan air secara tertutup dalam ikatannya sehingga memproduksi gel. Keseluruhan proses tersebut dikenal sebagai **gelatinisasi pati** dan proses ini sangat penting di dalam pengolahan. Sebagai contoh yang memberi efek kental pada saus, sup, adalah oleh adanya penambahan tepung atau tepung jagung. Kondisi ini juga penting dalam pembuatan roti.

Kekuatan gel pati dipengaruhi oleh beberapa faktor meliputi :

- Proporsi pati dan air. Semakin banyak pati, gel semakin kuat
- Proporsi amilosa dalam pati. Amilosa membantu pembentukan gel. Oleh karena itu pati-pati yang kadar

amilosanya tinggi dibutuhkan untuk kekuatan gel. Pati-pati yang berkadar amilopektin tinggi contohnya pada pati-pati lilin, hanya terbentuk gel pada konsentrasi yang tinggi.

- Keberadaan gula.
Gula berkompetisi atau bersaing dengan pati untuk memperebutkan air, sehingga keberadaan gula mengurangi kekuatan gel.
- Keberadaan asam.
Asam menghidrolisis pati dan mengurangi kekuatan gel pada pembentukan pasta yang viskus. Contoh kasus ini terjadi pada lemon untuk isi pay.

Meskipun gel dari pati yang mengandung amilosa adalah yang terbaik, tetapi kestabilannya rendah dibandingkan dengan pati-pati yang mengandung amilopektin tinggi. Molekul-molekul amilosa mempunyai kecenderungan untuk saling melepas dan gel yang terbentuk menjadi opak, menyerupai busa. Perubahan ini dikenal sebagai retrogradasi, dan terjadi khususnya ketika bahan makanan dibekukan dan kemudian dicairkan (*thawing*). Pati-pati yang mengandung amilopektin tinggi misalnya pati jagung berlilin, sebaiknya digunakan ketika persiapan bahan makanan yang akan diproses beku. Sebagai alternatif, pati-pati yang merupakan pati hasil modifikasi secara kimia (*chemically-modified starches*) secara luas digunakan dalam industri makanan beku, pati-pati tersebut tidak mudah mengalami retrogradasi.

Pati-pati yang mengalami pregelatinisasi digunakan pada beberapa industri makanan. Pati-pati ini dimasak dalam air (gelatinisasi) dan kemudian dikeringkan. Pati-pati ini digunakan untuk campuran makanan penutup mulut yang dimasak secara instan (*dessert instant*).

Dekstrinasi

Dekstrinasi melibatkan panas kering (*dry heat*). Beberapa makanan yang mengandung pati, juga mengandung sejumlah kecil dekstrin. Pada proses pemanasan, dekstrin mengalami polimerisasi dan membentuk komponen yang berwarna coklat yang dikenal sebagai pirodekstrin. Piridoksin berperan pada pembentukan warna coklat pada beberapa makanan yang dimasak misal masakan yang dipanggang dan roti kering (*crust*).

8.2. Protein

Istilah Protein berasal dari kata "*protos*" (Yunani), berarti yang paling utama", adalah senyawa organik kompleks berbobot molekul tinggi yang merupakan polimer dari monomer-monomer asam amino yang dihubungkan satu sama lain dengan ikatan peptida. Molekul protein mengandung karbon, hidrogen, oksigen, nitrogen dan kadang kala sulfur serta fosfor. Protein berperan penting dalam struktur dan fungsi semua sel makhluk hidup dan virus.

Kebanyakan protein merupakan enzim atau subunit enzim. Jenis protein lain berperan dalam fungsi struktural atau mekanis, seperti misalnya protein yang membentuk batang dan sendi sitoskeleton. Protein terlibat dalam sistem kekebalan (imun) sebagai antibodi, sistem kendali dalam bentuk hormon, sebagai komponen penyimpanan (dalam biji) dan juga dalam transportasi hara. Sebagai salah satu sumber gizi, protein berperan sebagai sumber asam amino bagi organisme yang tidak mampu membentuk asam amino tersebut (heterotrof).

Protein merupakan salah satu dari biomolekul raksasa, selain polisakarida, lipid, dan polinukleotida, yang merupakan penyusun utama makhluk hidup. Selain itu, protein merupakan salah satu molekul yang paling banyak diteliti dalam biokimia. Protein ditemukan oleh Jöns Jakob Berzelius pada tahun 1838.



Gambar 8.5. Jöns Jakob Berzelius
Sumber: [www. student.britannica.com](http://www.student.britannica.com)

8.2.1. Struktur Protein

Bagaimana suatu protein dapat memerankan berbagai fungsi dalam sistem makhluk hidup? Jawabnya adalah terletak pada strukturnya. Struktur protein terdiri atas empat macam struktur.

1. Struktur primer

Struktur ini terdiri atas asam-asam amino yang dihubungkan satu sama lain secara kovalen melalui ikatan peptida. Informasi yang menentukan urutan asam amino suatu protein tersimpan dalam molekul DNA dalam bentuk kode genetik. Sebelum kode genetik ini diterjemahkan menjadi asam-asam amino yang membangun struktur primer protein, mula-mula kode ini disalin ke dalam bentuk kode lain yang berpadanan dengan urutan kode genetik pada DNA, yaitu dalam bentuk molekul RNA. Urutan RNA inilah yang kemudian diterjemahkan menjadi urutan asam amino

2. Struktur sekunder.

Pada struktur sekunder, protein sudah mengalami interaksi intermolekul, melalui rantai samping asam amino. Ikatan yang membentuk struktur ini, didominasi oleh ikatan hidrogen antar rantai samping yang membentuk pola tertentu bergantung pada orientasi ikatan hidrogennya. Ada dua jenis struktur sekunder, yaitu: α -heliks dan β -sheet. β -sheet itu sendiri ada yang paralel dan

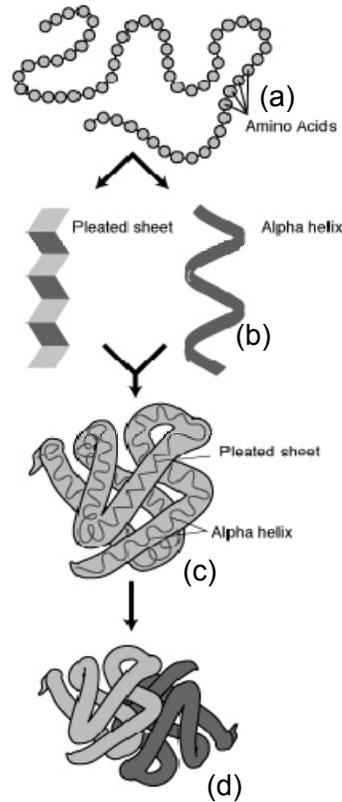
juga ada yang anti-paralel, bergantung pada orientasi kedua rantai polipeptida yang membentuk struktur sekunder tersebut.

3. Struktur tersier

Struktur ini terbentuk karena struktur-struktur sekunder yang dikemas sedemikian rupa membentuk struktur tiga dimensi. Struktur ruang ini adalah struktur ketiga atau struktur tersier. Disini interaksi intra molekuler seperti ikatan hidrogen, ikatan ion, van der Waals, hidropobik dan lainnya turut menentukan orientasi struktur tiga dimensi dari protein

4. Struktur kuartener

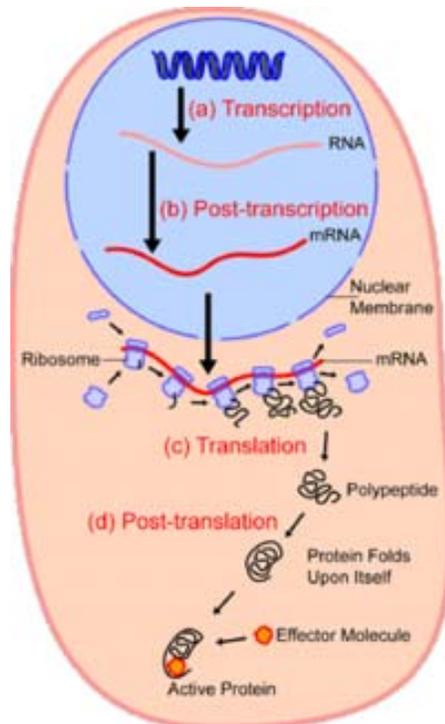
Banyak molekul protein yang memiliki lebih dari satu struktur tersier, dengan kata lain multi subunit. Intraksi intermolekul antar sub unit protein ini membentuk struktur keempat/kuaterner. Setiap subunit protein dapat melakukan komunikasi dan saling mempengaruhi satu sama lain melalui interaksi intermolekular.



Gambar 8.6. Tipe Struktur Protein :
 (a) Struktur protein primer,
 (b) Struktur protein sekunder
 (c) Struktur protein tersier
 (d) Struktur protein kuartener
 Sumber : www.acessexcellence.org

8.2.2. Sintesis Protein

Biosintesis protein alami sama dengan ekspresi genetik. Kode genetik yang dibawa DNA ditranskripsi menjadi RNA, yang berperan sebagai cetakan bagi translasi yang dilakukan ribosom. Sampai tahap ini, protein masih "mentah", hanya tersusun dari asam amino proteinogenik. Melalui mekanisme pascatranslasi, terbentuklah protein yang memiliki fungsi penuh secara biologi.



Gambar 8.7. Sintesis Protein
Sumber : www.biocrawler.com

8.2.3. Komposisi Kimia dan Klasifikasi

Protein dibuat dari satu atau lebih ikatan asam amino. Ikatan ini disebut polipeptida sebab asam amino berikatan bersama asam amino yang disebut ikatan peptida. Protein masuk ke dalam tubuh akan dicerna dengan berbagai enzim pencernaan untuk mendapatkan hasil akhir asam amino. Asam amino akan diserap ke dalam tubuh.

8.2.4. Asam Amino

Asam amino adalah senyawa organik yang memiliki gugus fungsional karboksil (-COOH) dan amina

(biasanya -NH₂). Gugus karboksil memberikan sifat asam dan gugus amina memberikan sifat basa.

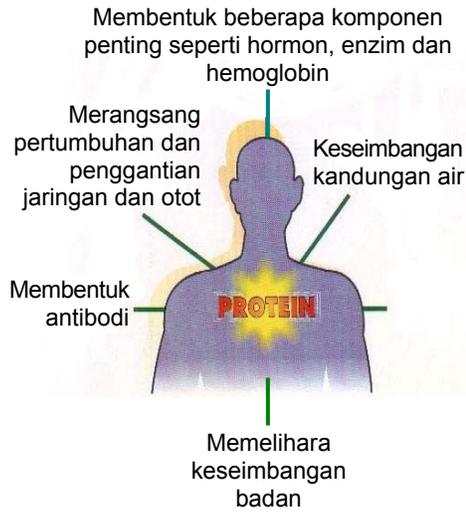
Asam amino terbagi kedalam asam amino non esensial dan asam amino esensial. Asam amino esensial inilah yang harus diperoleh dari makanan, karena tubuh tidak bisa membuatnya sendiri. Istilah "asam amino esensial" berlaku hanya bagi organisme heterotrof. Termasuk kelompok asam amino esensial adalah isoleusin, leusin, lisin, metionin, fenilalanin, treonin, triptofan, dan valin. Histidin dan arginin disebut "setengah esensial" karena tubuh manusia dewasa sehat mampu memenuhi kebutuhannya. Asam amino karnitin juga bersifat "setengah esensial" dan sering diberikan untuk kepentingan pengobatan.

Pada awal pembentukannya, protein hanya tersusun atas 20 asam amino yang dikenal sebagai **asam amino dasar (proteinogenik)**. Asam-asam amino inilah yang disandi oleh DNA/RNA sebagai kode genetik. Berikut adalah asam amino penyusun protein), dikelompokkan menurut sifat atau struktur kimiawinya:

NONPOLAR, HYDROPHOBIC		POLAR, UNCHARGED	
Alanine Ala A MW = 89	$\begin{array}{c} ^- \text{OOC} \\ \\ \text{H}_3\text{N}^+ - \text{CH} - \text{CH}_3 \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{H} - \text{CH} - \text{COO}^- \\ \\ \text{N H}_3^+ \end{array}$	Glycine Gly G MW = 75
Valine Val V MW = 117	$\begin{array}{c} ^- \text{OOC} \\ \\ \text{H}_3\text{N}^+ - \text{CH} - \text{CH} \begin{array}{l} / \text{CH}_3 \\ \backslash \text{CH}_3 \end{array} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{HO} - \text{CH}_2 - \text{CH} - \text{COO}^- \\ \\ \text{N H}_3^+ \end{array}$	Serine Ser S MW = 105
Leucine Leu L MW = 131	$\begin{array}{c} ^- \text{OOC} \\ \\ \text{H}_3\text{N}^+ - \text{CH} - \text{CH}_2 - \text{CH} \begin{array}{l} / \text{CH}_3 \\ \backslash \text{CH}_3 \end{array} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{OH} \\ \\ \text{CH} - \text{CH} - \text{COO}^- \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$	Threonine Thr T MW = 119
Isoleucine Ile I MW = 131	$\begin{array}{c} ^- \text{OOC} \\ \\ \text{H}_3\text{N}^+ - \text{CH} - \text{CH} \begin{array}{l} / \text{CH}_3 \\ \backslash \text{CH}_2 - \text{CH}_3 \end{array} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{HS} - \text{CH}_2 - \text{CH} - \text{COO}^- \\ \\ \text{N H}_3^+ \end{array}$	Cysteine Cys C MW = 121
Phenylalanine Phe F MW = 131	$\begin{array}{c} ^- \text{OOC} \\ \\ \text{H}_3\text{N}^+ - \text{CH} - \text{CH}_2 - \text{C}_6\text{H}_5 \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{HO} - \text{C}_6\text{H}_4 - \text{CH}_2 - \text{CH} - \text{COO}^- \\ \\ \text{N H}_3^+ \end{array}$	Tyrosine Tyr Y MW = 181
Tryptophan Trp W MW = 204	$\begin{array}{c} ^- \text{OOC} \\ \\ \text{H}_3\text{N}^+ - \text{CH} - \text{CH}_2 - \text{C}_8\text{H}_6\text{N}_2 \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{NH}_2 \\ \\ \text{C} - \text{CH}_2 - \text{CH} - \text{COO}^- \\ \\ \text{O} \end{array}$	Asparagine Asn N MW = 132
Methionine Met M MW = 149	$\begin{array}{c} ^- \text{OOC} \\ \\ \text{H}_3\text{N}^+ - \text{CH} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{S} - \text{CH}_3 \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{NH}_2 \\ \\ \text{C} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH} - \text{COO}^- \\ \\ \text{O} \end{array}$	Glutamine Gln Q MW = 146
Proline Pro P MW = 115	$\begin{array}{c} ^- \text{OOC} \\ \\ \text{CH} - \text{CH}_2 \\ \quad \\ \text{HN} - \text{CH}_2 \\ \\ \text{CH}_2 \end{array}$	POLAR BASIC	
Aspartic acid Asp D MW = 133	$\begin{array}{c} ^- \text{OOC} \\ \\ \text{H}_3\text{N}^+ - \text{CH} - \text{CH}_2 - \text{C}(=\text{O})\text{O}^- \end{array}$	$\begin{array}{c} ^+ \text{NH}_3 - \text{CH}_2 - (\text{CH}_2)_3 - \text{CH} - \text{COO}^- \\ \\ \text{N H}_3^+ \end{array}$	Lysine Lys K MW = 146
Glutamine acid Glu E MW = 147	$\begin{array}{c} ^- \text{OOC} \\ \\ \text{H}_3\text{N}^+ - \text{CH} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{C}(=\text{O})\text{O}^- \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{NH}_2 \\ \\ \text{N H}_2^+ = \text{C} - \text{NH} - (\text{CH}_2)_3 - \text{CH} - \text{COO}^- \\ \\ \text{N H}_3^+ \end{array}$	Arginine Arg R MW = 174
		$\begin{array}{c} \text{C} - \text{CH}_2 - \text{CH} - \text{COO}^- \\ \quad \\ \text{HN} \quad \text{NH} \\ \\ ^+ \end{array}$	Histidine His H MW = 155

Asam Amino Penyusun Protein
Sumber : www.matcmadison.edu

8.2.5. Fungsi Protein



Sumber : <http://www.sabah.edu>

Protein sangat penting sebagai sumber asam amino yang digunakan untuk membangun struktur tubuh. Selain itu protein juga bisa digunakan sebagai sumber energi bila terjadi defisiensi energi dari karbohidrat dan/atau lemak. Apabila protein digunakan sebagai sumber energi, akan menghasilkan residu nitrogen yang harus dikeluarkan dari tubuh. Pada mamalia residu nitrogen adalah urea, sedangkan pada unggas disebut asam urat.

8.2.6. Sumber Protein

Kita memperoleh protein dari makanan yang berasal dari hewan atau tumbuhan. Protein yang berasal dari hewan disebut protein hewani, sedangkan protein yang berasal dari tumbuhan disebut protein nabati. Beberapa makanan

sumber protein ialah daging, telur, susu, ikan, beras, kacang, kedelai, gandum, jagung, dan beberapa buah-buahan.



Gambar 8.8. Bahan Makanan Berprotein Tinggi

Sumber: www.thompsonhighereducation.com

Bahan makanan sebagai sumber energi akan mengandung protein atau asam amino yang tinggi, tetapi tidak semua bahan makanan yang mengandung protein dan asam amino yang tinggi dapat seluruhnya dimanfaatkan oleh tubuh, tergantung dari kualitas proteinnya.

Tabel 8.2. Perbandingan Kadar Protein Beberapa Bahan Makanan

Bahan Makanan	Protein (% Berat)
Susu skim kering	36,00
Kedelai	35,00
Kacang hijau	22,00
Daging	19,00
Ikan segar	17,00
Telur ayam	13,00
Jagung	9,20
Beras	6,80
Tepung singkong	1,10

Sumber : Daftar Komposisi Bahan Makanan, Depkes 1979

Protein yang berasal dari hewan memiliki semua asam amino esensial, hingga disebut protein lengkap. Sedangkan sumber protein nabati merupakan protein tidak lengkap, senantiasa mempunyai kekurangan satu atau lebih asam amino esensial. Sebab itu cara mengkonsumsinya harus dikombinasikan agar saling melengkapi. Perbedaan kelengkapan itu mengakibatkan ia hanya mampu memelihara jaringan tubuh, sedangkan protein hewani mampu memelihara jaringan tubuh dan menjamin pertumbuhannya.

Agar asam aminonya layak disebut sebagai protein lengkap, protein nabati bisa dikonsumsi dengan sesamanya. Misalnya padi-padian (kaya dengan methionin) dengan biji-bijian (kaya dengan lisin dan triptofan). Dalam hal ini terdapat pada nasi dengan tahu atau perkedel jagung.

Protein hewani tetap penting bagi tubuh dan tak dapat digantikan seratus persen oleh protein nabati. Jika dianggap terlalu mahal, cukup mengonsumsi sehari sekali, misalnya ikan dan telur.

Kelebihan protein tidak baik, karena dapat mengganggu metabolisme protein yang berada di hati. Ginjal pun akan terganggu tugasnya, karena bertugas membuang hasil metabolisme protein yang tidak terpakai.

Kekurangan protein akan membuat mudah merasa lelah, tekanan darah turun, dan daya tahan terhadap infeksi menurun. Pada anak-anak,

selain mudah terserang penyakit kwashiorkor (kekurangan protein), juga pertumbuhan dan tingkat kecerdasannya akan terganggu



Gambar 8.9. Penderita Kwashiorkor
Sumber : www.bio.ilstu.edu

Karena sistem imunitas tubuh sangat bergantung pada tersedianya protein yang cukup, maka anak-anak yang mengalami kurang protein mudah terserang infeksi seperti diare, infeksi saluran pernapasan, TBC, polio, dan lain-lain.

Kurang energi protein (KEP) dapat dikategorikan dalam tiga jenis yaitu ringan, sedang, dan berat. Busung lapar terjadi karena KEP berat atau gizi buruk. Seorang balita dikatakan mengalami KEP berat atau gizi buruk apabila berat badan menurut umur kurang dari 60% baku median WHO-NCHS (*Nutrition Child Health Statistic*). Atau berat badan menurut tinggi badan kurang dari 70% baku median WHO-NCHS.

8.2.7. Pengaruh proses pengolahan pangan terhadap mutu protein

Proses Pengolahan Susu

Proses pengolahan susu cair dengan teknik sterilisasi atau pengolahan menjadi susu bubuk sangat berpengaruh terhadap mutu sensoris dan mutu gizinya terutama vitamin dan protein. Terjadi kerusakan protein sebesar 30 persen pada pengolahan susu cair menjadi susu bubuk. Sebaliknya pengolahan susu cair segar menjadi susu UHT sangat sedikit pengaruhnya terhadap kerusakan protein.

Kerusakan protein pada pengolahan susu dapat berupa terbentuknya pigmen coklat (melanoidin) akibat reaksi Mallard (Reaksi pencoklatan non enzimatis yang terjadi antara gula dan protein susu akibat proses pemanasan yang berlangsung dalam waktu yang cukup lama seperti pada proses pembuatan susu bubuk). Dimana reaksi pencoklatan tersebut menyebabkan menurunnya daya cerna protein.

Proses pemanasan susu dengan suhu tinggi dalam waktu yang cukup lama juga dapat menyebabkan terjadinya rasemisasi asam-asam amino yaitu perubahan konfigurasi asam amino dari bentuk L ke bentuk D. Tubuh manusia umumnya hanya dapat menggunakan asam amino dalam bentuk L. Proses rasemisasi sangat merugikan dari sudut

pandang ketersediaan biologis asam-asam amino di dalam tubuh. Reaksi pencoklatan (Maillard) dan rasemisasi asam amino telah berdampak kepada menurunnya ketersediaan lisin pada produk-produk olahan susu. Dimana Penurunan ketersediaan lisin pada susu UHT relatif kecil yaitu hanya mencapai 0-2 persen, sedangkan pada susu bubuk penurunannya dapat mencapai 5-10 persen.

Tabel 8.3. Pengaruh Perlakuan Panas Terhadap Kandungan Lisin Susu Pasteurisasi

Perlakuan panas	Rata-rata Kehilangan lisin *
Susu pasteurisasi	1,8
UHT langsung	3,8
UHT tidak Langsung	5,7
Sterilisasi dalam polyethylene	8,9
Sterilisasi dalam gelas (kaca)	11,3

Sumber : Saleh (2004)

* (mean losses (%) of available lysine)

Proses Pembekuan daging

Pada daging yang mengalami pembekuan, kehilangan nutrisi daging beku terjadi selama pencairan kembali, yaitu adanya nutrisi yang terlarut dalam air dan hilang bersama cairan daging yang keluar (eksudasi cairan) yang lazim disebut *drip*. Jumlah nutrisi yang hilang dari daging beku bervariasi, tergantung pada kondisi pembekuan dan pencairan kembali. Nutrien (konstituen) dalam cairan *drip*, antara lain terdiri atas bermacam-macam

garam, protein, peptida, asam-asam amino, asam laktat, purin, dan vitamin yang larut dalam air, termasuk vitamin B kompleks.

Selama penyimpanan beku dapat terjadi perubahan protein otot. Jumlah konstituen yang terkandung didalam *drip* berhubungan dengan tingkat kerusakan sel pada saat pembekuan dan penyimpanan beku. Dua faktor yang mempengaruhi jumlah *drip* yaitu : (1) besarnya cairan yang keluar dari daging, dan (2) faktor yang berhubungan dengan daya ikat air oleh protein daging.

Kerusakan protein merupakan fungsi dan waktu dan temperatur pembekuan. Jadi jumlah *drip* cenderung meningkat dengan meningkatnya waktu penyimpanan. Misalnya, kerusakan protein miofibrilar dan sarkoplasmik meningkat pada temperatur pembekuan -40°C dengan semakin lamanya penyimpanan.

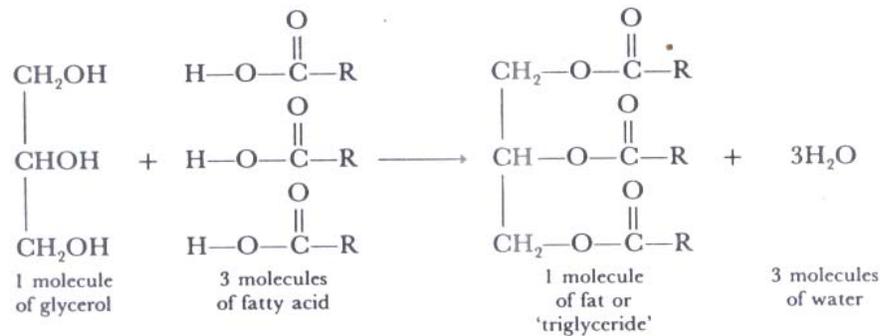
Laju pembekuan dan ukuran kristal es yang terbentuk ikut menentukan jumlah *drip*. Pada laju pembekuan yang sangat cepat, struktur daging tidak mengalami perubahan. Sedangkan pada laju pembekuan yang lambat, kristal es mulai terjadi diluar serabut otot (ekstraselular), pembentukan kristal es ekstraselular berlangsung terus, sehingga cairan ekstraselular yang tersisa dan belum membeku akan meningkat kekuatannya dan menarik air secara osmotik dari

bagian dalam sel otot yang sangat dingin. Air ini membeku pada kristal es yang sudah terbentuk sebelumnya dan menyebabkan kristal es membesar.

Kristal-kristal yang besar ini menyebabkan distorsi dan merusak serabut otot serta sarkolema. Kekuatan ionik cairan ekstraselular yang tinggi, juga menyebabkan denaturasi sejumlah protein otot. Denaturasi protein menyebabkan hilangnya daya ikat protein daging, dan pada saat penyegaran kembali terjadi kegagalan serabut otot menyerap kembali semua air yang mengalami translokasi atau keluar pada proses pembekuan.

8.3. LEMAK DAN MINYAK

Lemak dan minyak dikenal juga sebagai lipid, seperti halnya karbohidrat lipid juga mengandung elemen-elemen karbon, hidrogen, dan oksigen. Lipid merupakan ester dari gliserol dan asam lemak. Gliserol merupakan trihidrat alkohol mempunyai 3 grup $-\text{OH}$. Formula umum dari asam lemak (asam alkanoat) adalah R.COOH dimana R merupakan representasi dari rantai hidrokarbon. Tiap-tiap grup $-\text{OH}$ dari gliserol bereaksi dengan COOH dari asam lemak membentuk molekul lemak atau minyak. Contoh reaksi kondensasi ini tersaji pada gambar 8.10.



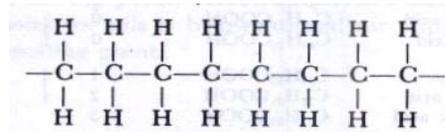
Gambar 8.10. Reaksi kondensasi pada lemak

Lemak dan minyak merupakan campuran trigliserida. Satu trigliserida terdiri dari satu molekul gliserol bergabung dengan 3 molekul asam lemak, seperti digambarkan pada persamaan di atas. Digliserida terdiri dari gliserol berkombinasi dengan 2 molekul asam lemak, dan di dalam monogliserida hanya satu molekul asam lemak. Digliserida dan monogliserida digunakan sebagai emulsifier.

Tipe paling sederhana dari trigliserida adalah satu di dalam semua 3 asam lemak yang sama. Trigliserida biasanya mengandung dua atau tiga asam lemak yang berbeda dikenal sebagai campuran trigliserida. Secara alami lemak dan minyak merupakan campuran dari campuran trigliserida dan oleh karena itu mengandung satu asam lemak yang berbeda. Di dalam bahan pangan terdapat 40 asam lemak yang berbeda.

Pada dasarnya ada dua tipe asam lemak:

1. Asam lemak jenuh yang mengandung rantai hidrokarbon jenuh dengan hidrogen.



Gambar 8.11. Bagian asam lemak dengan rantai hidrokarbon jenuh hidrogen

2. Asam lemak tidak jenuh yang mengandung rantai hidrokarbon tidak jenuh hidrogen dan oleh karenanya mempunyai satu atau lebih ikatan ganda.

Asam lemak tidak jenuh dapat berupa:

- a. *monounsaturated* mengandung satu ikatan ganda contoh : asam oleat atau
- b. *polyunsaturated* mengandung lebih dari satu ikatan ganda contoh : asam linoleat

Posisi atom-atom pada ikatan ganda dapat bervariasi dan bisa asam lemak *monounsaturated* maupun *polyunsaturated* pada posisi:

- a. asam lemak *cis*, dengan 2 atom hidrogen pada sisi yang sama dari ikatan ganda

- b. asam lemak trans, dengan atom-atom hidrogen pada posisi berlawanan secara geometrik dari ikatan ganda.

Untuk memperjelas posisi asam lemak cis dan trans dapat dibuat skema sebagai berikut.

Beberapa informasi penting asam lemak tersaji pada tabel berikut.

Tabel 8.4. Beberapa informasi penting asam lemak

Type	Nama	Formula	Jumlah ikatan rangkap	Terdapat pada
Saturated	Asam butirat	C ₃ H ₇ COOH	0	Milk and butter
	Asam palmitat	C ₁₃ H ₃₁ COOH	0	Terdapat secara luas pada bahan pangan, khususnya pada lemak-lemak solid
	Asam stearat	C ₁₇ H ₃₅ COOH	0	sda
Monoun saturated	Asam Oleat	C ₁₇ H ₃₃ COOH	1	Terdapat pada lemak dan minyak
Polyun saturated	Asam linoleat	C ₁₇ H ₃₁ COOH	2	sda
	Asam linolenat	C ₁₇ H ₂₉ COOH	3	Ditemukan utamanya pada lemak sayuran dan lemak ikan

Lemak dan minyak secara umum mempunyai struktur kimia yang sama. Pada umumnya kata "lemak" digunakan untuk merujuk campuran trigliserida yang pada temperatur kamar berbentuk padat. Sedangkan kata "minyak" merujuk campuran trigliserida yang pada temperatur kamar berbentuk cair. Perbedaan antara lemak dan minyak terletak pada keberadaan asam lemak, dapat dijelaskan sebagai berikut. Lemak mengandung sejumlah besar proporsi asam lemak jenuh yang terdistribusi diantara trigliserida. Minyak proporsi asam lemak tidak jenuhnya banyak. Keberadaan asam lemak-asam lemak yang

tidak jenuh menurunkan slip point, contoh temperatur pada saat awal meleleh pada minyak dan lemak. Secara umum, lemak diperoleh dari sumber-sumber hewani dan minyak dari sumber-sumber nabati. Baik lemak dan minyak mengandung sejumlah kecil komponen non-trigliserida, kompleks asam lemak mengandung fosfat, yang dikenal sebagai fosfolipid.

Tingkat ketidakjenuhan misalnya jumlah ikatan rangkap dari lemak atau minyak dapat diukur dikenal dengan istilah angka iodin. Suatu molekul iodin (I₂) akan bereaksi dengan setiap ikatan rangkap,

kemudian minyak tidak jenuh mempunyai angka iodin yang lebih tinggi dibanding lemak jenuh.

Minyak sayuran sebaiknya tidak dibuat rancu dengan baik minyak mineral maupun minyak esensial. Minyak mineral diperoleh dari minyak kasar dan merupakan campuran hidrokarbon. Minyak esensial diperoleh di dalam tanaman tetapi tidak trigliserida. Mereka adalah komponen organik yang mudah menguap, misalnya mereka mudah terevaporasi, dan bertanggung jawab pada flavor beberapa bumbu/rempah dan beberapa makanan lainnya. Contohnya eugenol, bertanggung jawab pada flavor cengkeh.

Negara-negara yang makanan utamanya roti, kebutuhan akan lemak-lemak yang dapat dioleskan lebih banyak dibanding untuk minyak cair. Sejak minyak-minyak sayur lebih mudah tersedia dibandingkan lemak-lemak hewan, lebih banyak minyak sayur yang diproduksi di dunia dikonversi menjadi lemak melalui proses hidrogenasi. Hidrogenasi merupakan penambahan hidrogen pada ikatan rangkap. Asam lemak tidak jenuh diubah menjadi suatu asam lemak jenuh. Pada cara ini minyak-minyak sayur dapat digunakan di dalam industri margarin dan lemak untuk pengolahan.

Karakteristik Lemak dan Minyak

1. Kelarutan

Lemak dan minyak tidak larut dalam air. Namun demikian oleh adanya substansi yang dikenal dengan *emulsifying agent*, substansi ini mampu membentuk campuran yang stabil antara lemak dan air. Campuran ini dikenal dengan nama emulsi. Tipe emulsi bisa berupa emulsi lemak dalam air contoh susu, atau emulsi air dalam lemak, contohnya butter.

Lemak dan minyak larut dalam pelarut organik seperti petrol, eter, dan karbon tetraklorit. Pelarut dengan tipe seperti ini dapat digunakan untuk menghilangkan noda lemak pada pakaian.

2. Efek panas

Lemak oleh adanya perlakuan panas, terdapat tiga temperatur yang dapat menyebabkan terjadinya perubahan.

a. Titik leleh (*melting-point*)

Lemak akan meleleh jika dipanaskan. Lemak yang merupakan campuran trigliserida, maka tidak mempunyai titik leleh (*melting-point*) yang jelas tetapi meleleh di atas kisaran temperatur.. Temperatur awal lemak meleleh disebut *slip point*. Lemak meleleh pada temperatur antara 30-40°C. Titik leleh dari minyak dibawah temperatur udara normal. Semakin banyak ikatan rangkap yang dikandung lemak menurunkan melting point.

b. Titik asap (*smoke-point*)

Ketika lemak atau minyak dipanaskan pada temperatur tertentu mulai terjadi penguraian, memproduksi asap berwarna biru dan timbul karakteristik aroma yang tajam. Kebanyakan lemak dan minyak mulai membentuk asap pada temperature sekitar 200°C. Titik asap untuk lemak babi 185°C dan untuk minyak jagung 232°C. Secara umum minyak dari sayuran mempunyai titik asam lebih tinggi dibandingkan lemak hewan. Dekomposisi dari trigliserida menghasilkan sejumlah kecil gliserol dan asam-asam lemak. Gliserol terdekomposisi lebih lanjut memproduksi suatu komponen yang dikenal sebagai acrolein. Dekomposisi ini bersifat tidak dapat balik, dan ketika menggunakan lemak dan minyak untuk *deep frying*, temperatur penggorengan sebaiknya dijaga di bawah titik asap. Titik asap bermanfaat mengukur dan menguji kualitas lemak-dan minyak untuk tujuan penggorengan.

Pemanasan berulang dari lemak dan minyak atau adanya partikel makanan yang terbakar akan mengurangi nilai titik asap. Pemanasan berulang juga akan menyebabkan perubahan oksidatif dan hidrolitik pada lemak dan menghasilkan akumulasi substansi yang memberikan efek flavor yang tidak dikehendaki pada bahan-bahan pangan yang dimasak di dalam lemak.

c. *Flash-Point*

Ketika lemak dipanaskan dengan temperature sangat tinggi, uap (vapour) akan keluar secara spontan ignite. Temperatur tersebut dikenal sebagai *flash-point*. Untuk minyak jagung flash point 360°C. Api lemak tersebut jangan pernah di put out dengan air. Hal ini hanya akan meratakan api. Panas sebaiknya dimatikan dan oksigen

8.4. ENZIM

Enzim dihasilkan oleh sel-sel hidup, baik hewani maupun nabati. Bila digabungkan dengan bahan organik tertentu maka bisa mengubah susunan menjadi persenyawaan yang lebih sederhana, namun enzim itu tidak turut berubah. Sehingga enzim dikenal memiliki peran sebagai biokatalisator/katalisator organik yang dihasilkan oleh sel.

Enzim sangat penting dalam kehidupan dan tidak ada organisme tumbuhan atau hewan yang dapat hidup tanpa enzim, contohnya tepung tidak akan memiliki sifat-sifat tertentu bila dalam biji gandum tidak ada enzim.

Struktur enzim terdiri atas :

- **Apoenzim**, yaitu bagian enzim yang tersusun atas protein, yang akan rusak bila suhu terlampau panas (termolabil).
- **Gugus Prostetik (Kofaktor)**, yaitu bagian enzim yang tidak tersusun atas protein, tetapi dari ion-ion logam atau

molekul-molekul organik yang disebut **Koenzim**. Molekul gugus prostetik lebih kecil dan tahan panas (termostabil), ion-ion logam yang menjadi kofaktor berperan sebagai stabilisator agar enzim tetap aktif.

Enzim mengatur kecepatan dan kekhususan ribuan reaksi kimia yang berlangsung di dalam sel. Walaupun enzim dibuat di dalam sel, tetapi untuk bertindak sebagai katalis tidak harus berada di dalam sel. Reaksi yang dikendalikan oleh enzim antara lain ialah respirasi, pertumbuhan dan perkembangan, kontraksi otot, fotosintesis, fiksasi nitrogen, dan pencernaan.

8.4.1. Sifat-sifat Enzim

Enzim mempunyai sifat-sifat sebagai berikut:

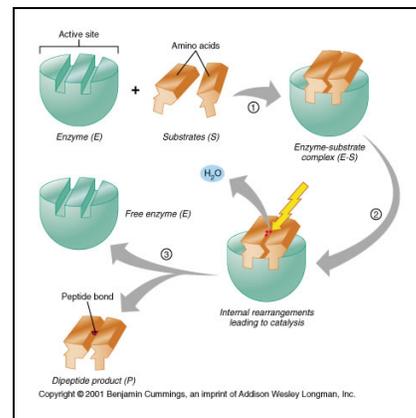
1. Biokatalisator, mempercepat jalannya reaksi tanpa ikut bereaksi.
2. Termolabil; mudah rusak, bila dipanasi lebih dari suhu 60°C , karena enzim tersusun dari protein yang mempunyai sifat termolabil.
3. Merupakan senyawa protein sehingga sifat protein tetap melekat pada enzim.
4. Dibutuhkan dalam jumlah sedikit, sebagai biokatalisator, reaksinya sangat cepat dan dapat digunakan berulang-ulang.
5. Bekerjanya ada yang di dalam sel (endoenzim) dan di luar sel (ektoenzim), contoh ektoenzim: amilase, maltase.

6. Umumnya enzim bekerja mengkatalisis reaksi satu arah, meskipun ada juga yang mengkatalisis reaksi dua arah, contoh: lipase, mengkatalisis pembentukan dan penguraian lemak.

lipase

Lemak + H_2O \rightarrow Asam lemak + Gliserol

7. Bekerjanya spesifik; enzim bersifat spesifik, karena bagian yang aktif (permukaan tempat melekatnya substrat) hanya setangkup dengan permukaan substrat tertentu.



Gambar 8.12. Cara Kerja Enzim yang Spesifik

Sumber : www.biyolojiegitim.yyu.edu.tr

8. Umumnya enzim tak dapat bekerja tanpa adanya suatu zat non protein tambahan yang disebut **kofaktor**.

Pada reaksi enzimatis terdapat zat yang mempengaruhi reaksi, yakni **aktivator dan inhibitor**, **aktivator** dapat mempercepat jalannya reaksi, contoh aktivator enzim : ion Mg^{2+} , Ca^{2+} , zat organik seperti koenzim-A. Inhibitor akan menghambat jalannya reaksi enzim. Contoh inhibitor: CO, Arsen, Hg, dan Sianida.

Tiap enzim memerlukan suhu dan pH (tingkat keasaman) optimum yang berbeda-beda karena enzim adalah protein, yang dapat mengalami perubahan bentuk jika suhu dan keasaman berubah. Di luar suhu atau pH yang sesuai, enzim tidak dapat bekerja secara optimal atau strukturnya akan mengalami kerusakan. Hal ini akan menyebabkan enzim kehilangan fungsinya sama sekali.

Enzim adalah suatu katalisator biologis yang dihasilkan oleh sel-sel hidup dan dapat membantu mempercepat bermacam-macam reaksi biokimia. Enzim yang terdapat dalam makanan dapat berasal dari bahan mentahnya atau mikroba yang terdapat pada makanan tersebut.

Bahan makanan seperti daging, ikan susu, buah-buahan dan biji-bijian mengandung enzim tertentu secara normal ikut aktif bekerja di dalam bahan tersebut. Enzim dapat menyebabkan perubahan dalam bahan pangan. Perubahan itu dapat menguntungkan ini dapat dikembangkan semaksimal mungkin, tetapi yang merugikan harus dicegah. Perubahan yang terjadi dapat berupa rasa, warna, bentuk, kalori, dan sifat-sifat lainnya.

Mikroba merupakan sumber penting dari beberapa jenis enzim. Sebagai sumber enzim, mikroba memiliki beberapa kelebihan jika dibandingkan dengan hewan maupun tanaman, yaitu :

- Produksi enzim pada mikroba lebih murah

- Kandungan enzim dapat diprediksi dan dikontrol
- Pasokan bahan baku terjamin, dengan komposisi konstan dan mudah dikelola.
- Jaringan tanaman maupun hewan mengandung bahan yang kemungkinan berbahaya seperti senyawa fenolik (pada tanaman), inhibitor enzim dan protase.
- Enzim mikroba dapat disekresikan ke luar sel sehingga memudahkan proses isolasi dan pemurniannya.

Setidaknya ada tiga keuntungan berkaitan dengan enzim ekstra sel:

- Tidak memerlukan proses penghancuran sel saat memanen enzim (proses penghancuran sel tidak selalu mudah dilakukan dalam skala besar).
- Secara alami enzim disekresikan keluar sel umumnya terbatas jenisnya, menunjukkan enzim ekstrim sel terhindar dari kontaminasi berbagai jenis protein.
- Secara alami enzim disekresikan keluar sel umumnya lebih tahan terhadap proses denaturasi.

Tabel 8.5. Beberapa enzim penting dari hewan.

Enzim	Sumber	Industri Pengguna
Katalase	Hati	makanan
Kemotripsin	Pankreas	kulit
Lipase	Pankreas	makanan
Rennet	Abomasum	keju
Tripsin	Pankreas	kulit

Sumber : Winarno (1989)

Tabel 8.6. Beberapa enzim penting dari tanaman.

Enzim	Sumber	Industri Pengguna
Aktinidin	Buah kiwi	makanan
α - amilase	Kecambah barley	bir
β - amilase	Kecambah barley	bir
Bromelin	Getah nanas	bir
β - glukonase	Kecambah barley	bir
hicin	Getah hg	makanan
Lipoksigenase	Kacang kedelai	makanan
Papain	Getah pepaya	daging

Sumber : Winarno (1989)

8.4.2. Peranan Enzim dalam Bidang Pangan

a. Peranan Enzim dalam Adonan Roti

Ada dua jenis enzim yang sangat penting, yaitu diastase dan protease. Diastase adalah suatu enzim kombinasi dari α dan β *amylase*, dan berfungsi mengubah pati yang rusak menjadi gula maltose. Sehingga bila butir-butir pati rusak atau kurang tahan disenyawakan dengan diastase, maka α *amylase* akan mengubah pati menjadi dekstrin, sedangkan β *amylase* akan mengubah dekstrin, mengakibatkan pati hancur menjadi gula maltosa. Selanjutnya gula maltosa diubah oleh enzim maltose menjadi gula biasa, yang bila diasimilasikan dengan ragi akan

menghasilkan karbondioksida yang dapat mengembangkan adonan, alkohol dan sejumlah kecil bahan lain seperti asam.

Enzim protease berfungsi melembekkan, melembutkan atau menurunkan gluten yang membentuk protein. Sehingga bila ingin memperoleh adonan roti yang baik maka sedikit enzim protease perlu ditambahkan.

b. Peranan enzim dalam pengolahan daging

Beberapa enzim yang penting dalam pengolahan daging adalah *bromelin* dari nenas dan *papain* dari getah buah atau daun pepaya.

Enzim Bromalin

Didapat dari buah nenas, digunakan untuk mengempukkan daging. Aktifitasnya dipengaruhi oleh kematangan buah, konsentrasi pemakaian dan waktu penggunaan. Untuk memperoleh hasil yang maksimum sebaiknya digunakan buah yang muda. Semakin banyak nenas yang digunakan, semakin cepat proses bekerjanya.

Enzim Papain

Berupa getah pepaya, disadap dari buahnya yang berumur 2,5~3 bulan. Dapat digunakan untuk mengempukan daging, bahan penjernih pada industri minuman bir, industri tekstil, industri penyamakan kulit, industri farmasi dan alat-alat kecantikan (kosmetik) dan lain-lain. Enzim papain biasa diperdagangkan

dalam bentuk serbuk putih kekuningan, halus, dan kadar airnya 8%. Enzim ini harus disimpan dibawah suhu 60 °C. Pada 1 (satu) buah pepaya dapat dilakukan 5 kali sadapan. Tiap sadapan menghasilkan ± 20 gram getah. Getah dapat diambil setiap 4 hari dengan jalan menggoreskan buah tersebut dengan pisau.

8.5. Vitamin dan Mineral

8.5.1. Vitamin

Menurut deMan (1999) vitamin adalah komponen minor makanan yang memainkan peranan penting dalam nutrisi manusia. Vitamin-vitamin sintetik penggunaannya telah berkembang luas untuk menggantikan kehilangan tersebut dan menjaga jumlahnya dalam makanan.

Semua makhluk hidup membutuhkan vitamin, tetapi tidak setiap vitamin yang ditemukan dibutuhkan oleh semua hewan. Tanaman (termasuk khamir dan bakteri) dapat membuat vitamin yang dibutuhkannya, tetapi hewan harus mensuplai kebanyakan vitamin dari makanan. Selain itu, ada perbedaan antara kebutuhan manusia akan vitamin dengan hewan.

Bogert (1960) dalam bukunya yang berjudul *Nutrition and Physical Fitness* memaparkan bahwa vitamin sebagai suatu zat pengatur tubuh, memiliki fungsi sebagai berikut:

a. memacu pertumbuhan;

- b. memacu kemampuan memproduksi keturunan yang sehat;
- c. memelihara kesehatan dan kekuatan melalui peningkatan:
- fungsi normal dari saluran pencernaan,
 - nutrisi normal, khususnya penggunaan elemen mineral dan oksidasi karbohidrat,
 - stabilitas urat syaraf, kesehatan jaringan-jaringan dan ketahanan terhadap infeksi bakteri.

Vitamin berbeda dengan elemen-elemen mineral karena vitamin merupakan zat organik, beberapa di antaranya merupakan senyawa kompleks. Vitamin juga berbeda dengan hormon karena kebanyakan tidak dapat disintesis oleh tubuh sehingga harus disuplai dari makanan.

A. Klasifikasi dan Nomenklatur

Sebelum mengetahui susunan kimianya, vitamin diberi nama menurut abjad (A, B, C, D, E, dan K). Vitamin B ternyata terdiri atas beberapa unsur vitamin. Penelitian- penelitian kemudian membedakan vitamin berdasarkan kelarutannya, yang dapat diklasifikasikan menjadi dua kelompok utama (Almatsier, 2004).

Vitamin yang larut dalam lemak

Vitamin larut lemak adalah yang absorpsinya dalam tubuh tergantung pada absorpsi normal lemak dari diet. Vitamin yang larut dalam lemak ditemukan terutama dalam makanan-makanan

berlemak, seperti hati, mentega, kuning telur, dan lain-lain.

Yang digolongkan dalam vitamin ini adalah :

- Vitamin A
- Vitamin D
- Vitamin E
- Vitamin K

Vitamin yang larut dalam air

Vitamin yang larut dalam air lebih banyak terdapat dalam buah-buahan dan sayur-sayuran, biji-bijian utuh dan kacang-kacangan, serta daging tanpa lemak,

sedangkan susu mengandung kedua kelompok vitamin tersebut (Bogert, 1960).

Yang digolongkan dalam vitamin ini adalah :

- Vitamin C
- Vitamin B1
- Vitamin B2
- Vitamin B3
- Vitamin B6
- Asam Folat
- Asam Pantotenat
- Biotin
- Vitamin B12
- Vitamin P

Tabel 8.7. Sifat-sifat umum vitamin larut lemak dan vitamin larut air

Vitamin larut lemak	Vitamin larut air
Larut dalam lemak dan pelarut lemak	Larut dalam air
Kelebihan konsumsi dari yang dibutuhkan disimpan dalam tubuh	Simpanan sebagai kelebihan kebutuhan sangat sedikit
Dikeluarkan dalam jumlah kecil melalui empedu	Dikeluarkan melalui urin
Gejala defisiensi berkembang lambat	Gejala defisiensi sering terjadi dengan cepat
Tidak selalu perlu ada dalam makanan sehari-hari	Harus selalu ada dalam makanan sehari-hari
Mempunyai <i>prekursor</i> atau <i>provitamin</i>	Umumnya tidak mempunyai prekursor
Hanya mengandung unsur-unsur C, H, dan O	Selain C, H, dan O mengandung N, kadang-kadang S dan Co
Diabsorpsi melalui sistem limfe	Diabsorpsi melalui vena porta
Hanya dibutuhkan oleh organisme kompleks	Dibutuhkan oleh organisme sederhana dan kompleks
Beberapa jenis bersifat toksik pada umlah relatif rendah (6-10 X GA)	Bersifat toksik hanya pada dosis tinggi/megadosis (>10 x KGA)

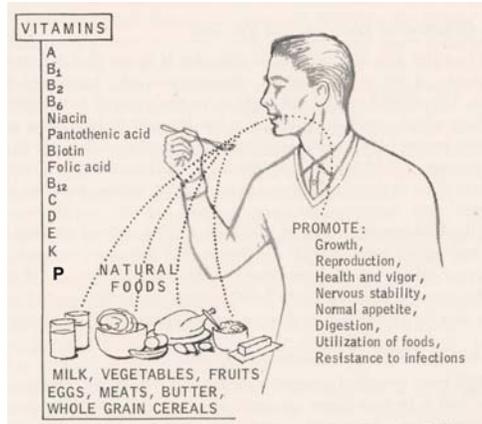
Sumber : *Almatsier, 2004*

Beberapa vitamin berfungsi sebagai bagian dari koenzim, yang tanpa vitamin itu enzim tersebut tidak efektif sebagai biokatalis.

Koenzim seperti itu seringkali adalah bentuk vitamin yang difosforilasi dan berperan dalam metabolisme lemak, protein, dan

karbohidrat. Beberapa vitamin terdapat dalam makanan sebagai provitamin – senyawa yang bukan vitamin tetapi dapat diubah oleh tubuh menjadi vitamin. Pada

Gambar 8.13 diperlihatkan vitamin-vitamin yang terkandung dalam makanan serta fungsinya secara umum dalam tubuh.



Gambar 8.13. Jenis dan fungsi vitamin secara umum dalam tubuh

Kekurangan vitamin telah lama dikenal mengakibatkan penyakit defisiensi yang serius. Sekarang diketahui juga bahwa kelebihan dosis vitamin tertentu, terutama vitamin yang larut dalam lemak, dapat mengakibatkan keracunan yang serius. Karena alasan ini,

penambahan vitamin ke dalam makanan harus dikendalikan secara hati-hati (Almatsier, 2004).

B. Kebutuhan dan Sumber Makanan Berbagai Macan Vitamin

Tabel 8.8. Kebutuhan Vitamin Larut Lemak Berdasarkan Peraturan RDA

	Age	Energy	Protein	Vit. A		Vit. D		Vit. E		Vit. K
		k. cal	g	IU	*ug RE	IU	*ug	IU	*mg TE	*ug
Anak-anak	4-6	1,800	30/24	2,500	500	400	5	9	7	-/20
	7-10	2,400/ 2,000	36/28	3,300	500	400	5	10	7	-/30
Laki-laki	15-18	3,000	54/59	5,000	1,000	400	5	15	10	-/65
	19-24	3,000/ 2,900	54/58	5,000	1,000	400	5	15	10	-/70
	25-50	2,700	56/63	5,000	1,000	-	5	15	10	-/80
	50+	2,400	56/63	5,000	1,000	-	10	15	10	-/80
Wanita	15-18	2,100	48/44	4,000	800	400	5	12	8	-/55
	19-24	2,100	46/46	4,000	800	400	5	12	8	-/60
	25-50	2,000	46/50	4,000	800	-	5	12	8	-/65
	50+	1,800	46/50	4,000	800	-	10	12	8	-/65

Sumber : <http://www.anyvitamins.com/rda.htm>

Tabel 8.9. Kebutuhan Vitamin Larut Air Berdasarkan Peraturan RDA

	Age	Ascorbic Acid	Folacin/Folate	Niacin	Riboflavin	Thiamine	Vit. B6	Vit. B12	Vitamin P	
		mg	mcg	mg	mg	mg	mg	mcg	mg	
Anak-anak	4-6	40/45	200/75	12	1.1	0.9	0.9/1.1	1.5/1.0	0-6 bulan	1
	7-10	40/45	300/100	16/13	1.2	1.2/1.0	1.2	2.0/1.4	6-12 bulan	3
Laki-laki	15-18	45/60	400/200	20	1.8	1.5	2.0	3.0/2.0	1-18 tahun	5-10
	19-24	45/60	400/200	20/19	1.8/1.7	1.5	2.0	3.0/2.0	18 tahun keatas	10-25
	25-50	45/60	400/200	18/19	1.6/1.7	1.4/1.5	2.0	3.0/2.0	Hamil dan menyusui	25
	50+	45/60	400/200	16/15	1.5/1.4	1.2	2.0	3.0/2.0		
Wanita	15-18	45/60	400/180	14/15	1.4/1.3	1.1	2.0/1.5	3.0/2.0		
	19-24	45/60	400/180	14/15	1.4/1.3	1.1	2.0/1.6	3.0/2.0		
	25-50	45/60	400/180	13/15	1.2/1.3	1.0/1.1	2.0/1.6	3.0/2.0		
	50+	45/60	400/180	12/13	1.1/1.2	1.0	2.0/1.6	3.0/2.0		

Ket : * Golongan pertama menunjukkan daftar RDA yang lama, sementara kelompok kedua menunjukkan daftar DRI yang terbaru.

Sumber : <http://www.anyvitamins.com/rda.htm>

Tabel 8.10. Sumber Vitamin pada Berbagai Bahan Makanan

VITAMIN A		VITAMIN D		VITAMIN E		VITAMIN K		VITAMIN C	
SUMBER		SUMBER		SUMBER		SUMBER		SUMBER	
Hati sapi	13.170	Hati (sapi, babi)	2 – 5	Hati sapi	0,9-1,6	Kubis putih	70	Daun singkong	275
Minyak ikan	24.000	Telur	44	Daging anak lembu, tidak berlemak	0,9	Kubis merah	18	Daun katuk	200
Minyak klp. sawit	18.000	Susu	0,9	Ikan haring	1,8	Kembang kol	23	Daun melinjo	150
Wortel	3.600	Mentega	2-40	Ikan makarel	1,6	Wortel	5	Daun pepaya	140
Daun pepaya	5.475	Keju	12-47	Kepiting beku	5,9	Madu	25	Sawi	102
Daun lamtoro	5.340	M. ikan	2500	Susu	0,02-0,15	Hati ayam	13	Kol	50
Daun Katuk	3.111	Mg/1000 G Bagian Dpt Dimakan		Keju	0,4	Hati babi	111	Kol kembang	65
Daun Melinjo	3.000			Telur	0,5-1,5	Susu	8	Bayam	60
Daun talas	3.118			Kuning telur	3,0	K. polong	50	Kemangi	50
Ubi jalar merah	2.310			Kubis	2-3	Kentang	10	Tomat masak	40
Minyak hati ikan hiu	2.100			Gandum	7-10	Bayam	161	Kangkung	30
RE				Total Tokoferol Sbg A-Tokoferol (Mg/100 G)		Units/100 Gram		Mg/100 Gram	
µg/100 g									

Sumber : Komposisi zat gizi Pangan Indonesia, Depkes 1990

VITAMIN B ₁		VITAMIN B ₂		VITAMIN B ₃		VITAMIN B ₆		ASAM FOLAT	
SUMBER		SUMBER		SUMBER		SUMBER		SUMBER	
Ragi	6000	Susu tanpa lemak	1,8	Kacang tanah lokal	13,0	Daging sapi	0,42	Daging sapi, rebus	0,03
Beras tumbuk	0,34	Hati ayamk	1,42	Teri nasi kering	9,7	Hati sapi	0,82	Daging ayam, panggang	0,07
Beras giling	0,26	Susu segar	0,14	Sardin	7,6	Hati ayam	0,72	Cod, goreng	0,16
Beras merah	0,34	Es krim	1,20	Ikan kembung	6,5	Jantung sapi	0,36	Telur, rebus	0,30
Beras ketan hitam tumbuk	0,24	Keju putih	0,35	Ikan bandeng	5,8	Jantung ayam	0,28	Kol brusel, rebus	0,20
Jagung kuning	0,12	Kacang kedelai	0,12	Udang segar	2,2	Ginjal	0,39	Kol, rebus	0,11
Havermout	0,60	Tahu	0,10	Petis udang	2,2	Ikan tuna	0,92	Slada	2,00
Roti gandum utuh	0,14	Daging sapi	0,31	Ayam	8,0	Kuning telur	0,31	Kentang, rebus	0,12
Roti biasa	0,10	Telur ayam	0,38	Daging babi	8,6	Beras pecah kulit	0,62	Bayam, rebus	0,29
Ubi jalar merah	0,13	Telur bebek	0,37	Daging sapi	4,5	Kacang tolo	0,42	Tomat	0,18
Mg/100 Gram		Mg/100 Gram		Mg/100 Gram		Mg/100 Gram		µg/g	

ASAM PANTOTENAT		BIOTIN		B ₁₂		VITAMIN P	
SUMBER		SUMBER		SUMBER		SUMBER	
Daging sapi, tak berlemak	10	Susu	1,1-3,7	Otot sapi	0,25-3,4 µ/100 g	Kelompok buah sitrus (jeruk) termasuk lemon, limau, jeruk nipis, grape fruit, jeruk bali, pepaya, ceri, anggur, apricot, plum, blackberry. Kelompok sayuran, parika hijau, brokoli, tomat, bawang merah dan bawang putih	
Gandum	11	Tomat	1	Hati sapi	14-152 µg/g		
Kentang	6,5	Kacang lebar	3	Susu	3,2-12,4 µg/l		
Kacang polong	20-22	Keju	1,1-7,6	Kerang	600 970 µ/100g (bobot kering)		
Tomat	1	Gandum	5,2	Kuning telur	0,28-1,556		
Jeruk	0,7	Daging sapi	2,6				
Walnut	8	Hati sapi	96				
Susu	1,3-4,2	Slada	3,1				
Hati sapi	25-60	Jamur	16				
Telur	8-48	Kentang	0,6				
		Bayam	6,9				
µg/ gram		µg/ 100 gram		µg/100gram			

Sumber : Komposisi zat gizi Pangan Indonesia, Depkes 1990

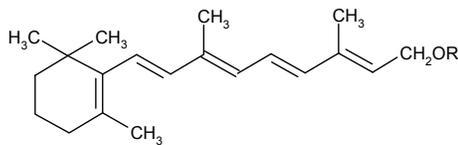
C. Vitamin Larut Lemak

1. Vitamin A

a. Klasifikasi dan Struktur Kimia

Istilah vitamin A digunakan untuk menamakan dua jenis senyawa yaitu retinol dan dehidroretinol. Retinol ($C_{20}H_{29}OH$) merupakan isoprenoid poliene alkohol, disebut juga vitamin A_1 , akseroptol, biosterol, dan ophthalmalin, merupakan vitamin antiserophtalmia, senyawa pelindung epitel, dan vitamin antiinfeksi. Strukturnya berupa alkohol siklik tidak jenuh dengan 20 atom C dan 5 konjugat berikatan rangkap.

Rumus struktur vitamin A disajikan dalam Gambar 8.14 dan menunjukkan sifat ketidakjenuhan vitamin A. Senyawa yang berupa alkohol ini terdapat di alam terutama dalam bentuk ester asam lemak. Bentuk semua *-trans* paling aktif secara biologi. Isomer, 13-*cis*, dikenal sebagai neo-vitamin A, aktivitas biologisnya hanya sekitar 75% dari bentuk semua *-trans* (deMan, 1999).



Gambar 8.14.. Rumus sturktur vitamin A

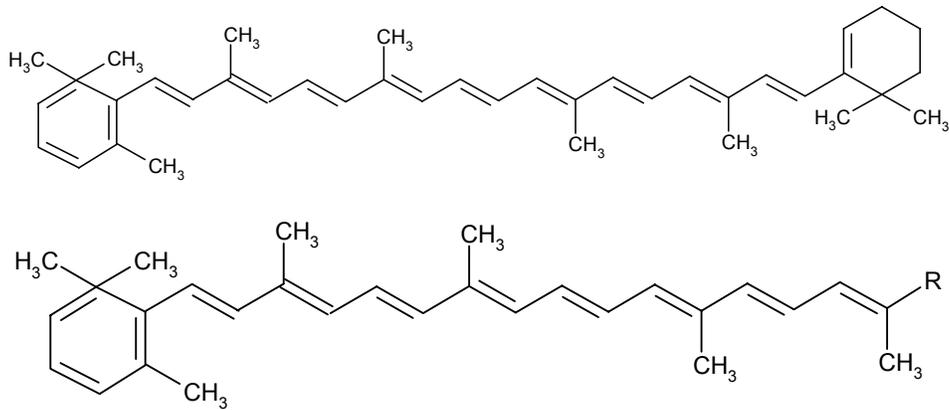
$\gamma\beta$ Dehidroretinol disebut juga vitamin A_2 ($C_{20}H_{27}OH$) dapat dibedakan dari vitamin A_1 , di antaranya:

- vitamin A_2 mempunyai 6 konjugat etilen, sedangkan vitamin A_1 hanya 5;
- vitamin A_2 mempunyai aktivitas biologis sekitar 40% retinol;
- dalam alkohol, absorbansi maksimum vitamin A_1 pada 325 – 328 nm, sedangkan vitamin A_2 345 – 350 nm.

Pigmen karotenoid yang ditemukan dalam tanaman merupakan prekursor vitamin A disebut sebagai provitamin A. Dewasa ini telah dikenal 10 jenis provitamin A yang terdapat di alam, yaitu α -, β -, dan γ -karoten, kriptosantin, ekhinenon, mixoxantin, leproten, aphanin, aphanisin, dan β -apo-8'-karotenal. Diduga masih terdapat provitamin A lain yang belum ditemukan pada saat ini.

Dari ke-10 provitamin A tersebut, yang paling penting adalah β -karoten.

Rumus struktur beberapa provitamin A ditunjukkan dalam Gambar 8.15.



Gambar 8.15. Rumus struktur beberapa provitamin A (a) β -karotena, dan (b) apokarotenal (R = CHO) dan ester asam apokarotenoat (R = COOC₂H₅)

b. Kebutuhan dan Defisiensi Vitamin A

Kebutuhan vitamin A berbeda-beda yang antara lain disebabkan oleh faktor jenis kelamin dan usia, serta kondisi hamil atau menyusui. Jumlah vitamin A dapat dinyatakan dalam RE (retinol ekuivalen) yang setara dengan:

1 μ g RE = 1 μ g retinol = 6 μ g β -karoten.

Kekurangan atau defisiensi vitamin A ditunjukkan oleh sejumlah gejala, yang paling serius adalah masalah penglihatan dan penekanan fungsi kekebalan. Defisiensi vitamin A jarang terjadi di negara-negara maju karena rata-rata asupan harian biasanya melebihi RDA (Stipanuk, 2000).

Tetapi di negara-negara sedang berkembang di Asia Selatan dan Tenggara, Afrika, serta Amerika Tengah dan Selatan, defisiensi vitamin ini merupakan masalah gizi serius khususnya mempengaruhi anak-anak prasekolah.

Diperkirakan 1,5 juta anak-anak di seluruh dunia buta dan 70% di antaranya disebabkan karena kekurangan vitamin A (Underwood, 1994).

Tanda-tanda awal dari kekurangan vitamin A adalah buta senja dan mengganggu integritas epidermal yang dicirikan oleh hiperkeratosis. Kondisi ini dapat disembuhkan dengan suplementasi vitamin A.

Jika dibiarkan, buta senja ini diikuti oleh xerophthalmia, suatu penyakit yang berhubungan dengan perubahan struktur pada kornea.

Perubahan struktur mula-mula adalah pengeringan konjungtiva dan kornea (xerosis) dan pengembangan daerah buram tak tembus cahaya yang disebut *Bitot's spot*. Hal ini diikuti oleh pengembangan keratomalacia, yang meliputi kerusakan ireversibel pada kornea dan menyebabkan kebutaan (Sommer, 1982).

Selain keratinisasi kornea, juga mengakibatkan keratinisasi epitel tenggorokan (trachea) dan penipisan epitel usus.

Xerophthalmia diikuti oleh infeksi pernafasan bagian atas dan diare serta keadaan lebih buruk yaitu malnutrisi energi protein.



Gambar 8.16. Kelainan Mata Berkaitan dengan Defisiensi Vitamin A.

Secara normal sekitar 70 – 90% diet retinol yang terlarut dalam lemak (lipid), diserap oleh usus halus (small intestine). Penyerapan karoten sebanyak 5 – 60% tergantung pada sifat makanan dan kondisinya, dimasak atau mentah.

Bagi mereka yang makanannya kurang mengandung lemak (energi dari lemak sekitar 10%), penyerapan retinol maupun karoten terganggu. Jadi, diet yang sangat kurang mengandung lemak berhubungan dengan defisiensi vitamin A (Bender, 2002).

c. Sifat Fisikokimia

Retinol merupakan kristal berwarna kuning pucat dan larut dalam lemak, eter, minyak, dan kloroform, serta sedikit larut dalam etanol dan isopropanol. Kristal ini memiliki BM 286,44 dan titik lebur 62 – 64 °C, serta dapat didestilasi pada suhu 137 – 138 °C dan tekanan 10^{-5} mmHg.

Bentuk ester vitamin A relative lebih stabil, sedangkan bentuk alkohol, aldehid, dan asam sangat mudah teroksidasi jika terkena udara dan cahaya. Dalam bahan pangan hewani vitamin A sebagian besar terdapat dalam bentuk ester (yang lebih stabil) karena itu prosedur pengolahan yang normal tidak banyak merusak vitamin A. Jika pada bahan pangan tersebut terdapat lemak yang mengalami ketengikan, vitamin A yang terdapat di dalamnya dapat hilang dengan cepat.

Vitamin A relatif stabil terhadap panas jika tidak ada oksigen (Tabel 8.11). Karena sifat tidak jenuhnya yang tinggi dalam molekul, vitamin A agak rentan teroksidasi – khususnya di bawah pengaruh cahaya, baik cahaya matahari atau buatan. Vitamin A tidak stabil dengan adanya asam-asam mineral tetapi stabil dalam alkali. Vitamin A dan karotenoid mempunyai kestabilan yang baik selama proses pengolahan makanan. Kehilangan mungkin

terjadi pada temperatur tinggi dan ada oksigen. Selain itu, vitamin A rentan terhadap oksidasi oleh lipid peroksida, dan kondisi-kondisi yang sesuai untuk oksidasi lipid, juga mengakibatkan vitamin A terurai. Prooksidan yang berbahaya terutama tembaga, sementara besi sedikit di bawah tembaga.

Tabel 8.11. Stabilitas vitamin A dan karoten di dalam makanan

Produk	Kandungan	Kondisi Penyimpanan	Retensi (%)
VITAMIN A			
Mentega	17.000-30.000 IU/lb	12 bulan @ 5°C 5 bulan @ 28°C	66-98 64-68
Margarin	15.000 IU/lb	6 bulan @ 5°C	89-100
Sereal siap santap fortifikasi	4000 IU/oz	6 bulan @ 23°C	83
Keripik kentang fortifikasi	700 IU/100g	2 bulan @ 23°C	100
KAROTEN			
Margarin	3 mg/lb	6 bulan @ 5°C	98
Kuning telur kering	35,2 mg/100 g	3 bulan @ 37°C	94
Minuman karbonasi	7,6 mg/29 oz	2 bulan @ 30°C	94
Minuman jus kaleng	0,6-1,3 mg/8 fl oz	12 bulan@23°C	85-100

Sumber: deRitter, 1976.

d. Pengaruh Pengolahan

Pasteurisasi susu tidak mengakibatkan kehilangan vitamin A, kehilangan terjadi jika kontak dengan cahaya. Oleh karena itu, sangat penting untuk mengemas susu sterilisasi dalam wadah tahan cahaya. Kemungkinan hilangnya vitamin A ini selama penyimpanan makanan lebih dipengaruhi oleh lamanya penyimpanan daripada suhu penyimpanan. Pembalsiran buah-buahan dan sayur-mayur membantu mencegah terjadinya kehilangan selama penyimpanan beku.

Vitamin A (sintetik) yang ditambahkan ke dalam susu lebih

mudah rusak oleh cahaya daripada vitamin A alami. Hal ini bukan karena keduanya berbeda, tetapi kedua jenis vitamin tersebut didispersikan berbeda dalam susu (deMan, 1981). Bentuk vitamin A yang ditambahkan ke dalam produk makanan mungkin mempengaruhi kestabilannya. Vitamin A dalam bentuk butiran (beadlet) lebih stabil daripada bentuk larutan dalam minyak. Butiran-butiran vitamin A distabilisasi oleh pelapis yang protektif. Jika pelapis ini dirusak oleh air, kestabilannya sebagian besar berkurang (deMan et al., 1986).

Menurut Andarwulan (1992), vitamin A dapat dibuat secara sintetik. Dasar pembuatan vitamin A sintetik yang stabil adalah dengan dibungkus dengan senyawa pelindung misalnya gelatin, gum, atau lilin; diformulasi dalam bentuk emulsi cair; dan dikompleks dengan senyawa lain.

Dari sepuluh jenis sayuran yang umum, apabila dibekukan, disimpan, dan dimasak atau dikalengkan, disimpan dan dimasak rata-rata mengalami susut vitamin A 10%; sedangkan dari delapan macam buah-buahan jika mendapat perlakuan yang sama terjadi susut yang lebih besar yaitu 30%.

Pengeringan beku hanya menyebabkan sedikit sekali vitamin A yang rusak, tetapi pengeringan telur, sayuran, dan buah-buahan yang dilakukan dengan udara panas, sinar matahari, atau suhu tinggi dapat menyebabkan susut vitamin A yang serius. Mentega yang dikemas tanpa vakum jika dipanaskan pada suhu 50 °C akan kehilangan seluruh aktivitas vitamin A-nya setelah pemanasan 6 jam; sedangkan jika dikemas vakum, pemanasan 120 °C selama 6 jam hanya menyebabkan sedikit kerusakan vitamin A.

Pada pembuatan semur hati, retensi vitamin A sebesar 90 – 100%. Dalam pengolahan susu bubuk dengan pengering semprot atau pada pembuatan susu kental, tak ada vitamin A yang hilang. Retensi vitamin A juga baik pada pembuatan produk-produk yang

dipanggang seperti tortilla baker, bolu, dan roti tawar.

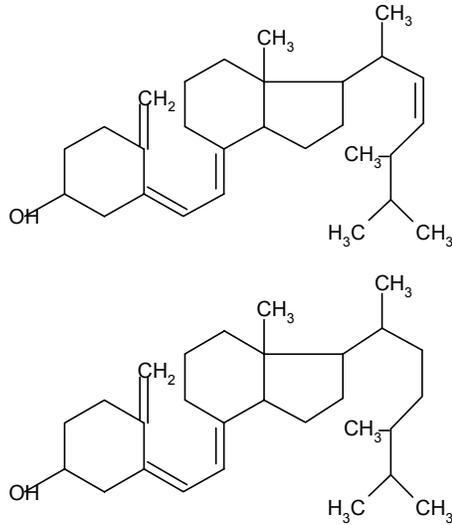
Makanan dapat difortifikasi dengan vitamin A sintetik tanpa menimbulkan masalah cita rasa dengan aktivitas biologis dan stabilitas yang baik. Di samping itu, biayanya pun relatif murah. Vitamin A telah ditambahkan dengan hasil baik pada minyak salad, margarin, mentega kacang tanah, susu skim cair, susu skim bubuk, es krim, mellorin, minuman sari buah, the bubuk, the daun, gula, gula, garam, MSG, dan lain-lain (Andarwulan, 1992).

Vitamin A digunakan untuk fortifikasi margarin dan susu skim. Jumlah yang ditambahkan untuk margarin sebesar 3.525 IU per 100 gram. Beberapa karotenoid (provitamin A) digunakan sebagai pewarna makanan (deMan, 1999).

2. Vitamin D

a. Klasifikasi dan Struktur

DeMan (1999) menjelaskan bahwa vitamin ini berada dalam beberapa bentuk, dua yang paling penting adalah vitamin D₂ (C₂₈H₄₄O) atau ergocalciferol dan vitamin D₃ (C₂₇H₄₄O) atau biasa disebut cholecalciferol. Kedua struktur vitamin tersebut dapat dilihat pada Gambar 8.17.



Gambar 8.17. Rumus struktur Vitamin D₂ dan D₃

Vitamin D₂ memiliki aktivitas penuh bagi manusia yang berasal dari iradiasi ergosterol yang terdapat dalam hampir semua tanaman, terutama sel khamir. Vitamin D₃ mempunyai aktivitas penuh bagi hewan dan manusia. Bentuk-bentuk vitamin D yang lain adalah D₄, D₅, D₆, dan D₇. Perbedaan masing-masing vitamin D tersebut kurang penting karena aktivitasnya kecil.

Prekursor vitamin D₂ adalah ergosterol, sedangkan vitamin D₃ adalah 7-dehidrokolesterol. Prekursor-prekursor atau provitamin-provitamin tersebut dapat dikonversi masing-masing menjadi vitamin D₂ dan D₃ melalui iradiasi dengan sinar ultraviolet. Selain kedua prekursor di atas, ada beberapa sterol lain yang dapat memperoleh aktivitas vitamin D ketika diiradiasi. Provitamin-provitamin itu dapat dikonversi menjadi vitamin D dalam kulit

manusia melalui kontak dengan sinar matahari.

b. Kebutuhan dan Defisiensi Vitamin D

Vitamin D₂ ada dalam jumlah yang kecil dalam minyak hati ikan; sementara vitamin D₃ tersebar luas dalam produk-produk hewani dengan jumlah terbanyak terkandung dalam minyak hati ikan, sedangkan jumlah lebih kecil ada dalam telur, susu, mentega, dan keju.

Satuan aktivitas untuk vitamin D adalah IU yang sama dengan aktivitas 1 mg preparat standar yang dikeluarkan WHO. Satu IU juga sama dengan aktivitas 0,025 µg kristal murni vitamin D₂ atau D₃. Kebutuhan manusia sebesar 400 – 500 IU tetapi meningkat hingga 1000 IU selama hamil dan menyusui. Orang dewasa yang secara teratur terkena sinar matahari mungkin mempunyai persediaan vitamin D yang cukup. Kelebihan asupan vitamin ini menyebabkan toksik.

Menurut Stipanuk (2000), sintesis vitamin D dalam kulit sebagai akibat terkena sinar matahari merupakan sumber vitamin D terpenting. Suplemen vitamin D atau asupan makanan yang difortifikasi vitamin D bermanfaat bagi individu yang terkena sinar matahari terbatas atau orang dewasa lainnya yang memiliki kemampuan terbatas dalam mensintesis vitamin D.

Karena sangat sedikit makanan sebagai sumber vitamin D yang baik, manusia memiliki kemungkinan yang lebih besar kekurangan vitamin D dibandingkan kekurangan vitamin yang lain. Pengayaan (*enrichment*) beberapa makanan dengan vitamin D telah membantu secara signifikan untuk memberantas rakhitis, suatu jenis penyakit kekurangan vitamin D. Margarin dan susu adalah makanan yang biasanya digunakan sebagai pembawa untuk vitamin D yang ditambahkan.

Fungsi utama vitamin D dalam memelihara skeleton yang sehat adalah mempertahankan konsentrasi kalsium dan fosfor dalam serum dalam kisaran normalnya. Defisiensi vitamin D terjadi jika absorpsi kalsium dalam usus yang biasanya 30% sampai 50% menurun menjadi tidak lebih dari 15%. Penurunan ini mengakibatkan kerusakan matriks mineral dalam tulang karena kalsium dan fosfor diserap untuk menutupi kekurangan tadi. Akibatnya akan terjadi rakhitis pada anak-anak dan osteomalacia pada orang dewasa. Gambar 8.18 di bawah ini memperlihatkan pasien yang terkena rakhitis tersebut.



Gambar 8.18 Penderita rakhitis

c. Sifat Fisikokimia

Dalam keadaan murni, semua vitamin D merupakan kristal putih, tidak berbau, larut dalam lemak atau minyak dan pelarut organik seperti eter, heksana, kloroform, aseton, alkohol, serta tidak larut dalam air.

Vitamin D sensitif terhadap faktor-faktor yang sama dengan vitamin A, tetapi mempunyai tingkat kestabilan yang lebih baik. Vitamin D₂ lebih labil dibandingkan D₃ karena ikatan rangkapnya lebih banyak. Kestabilan vitamin ini dipengaruhi oleh jenis zat pelarut yang digunakan.

Untuk menjaga kestabilan vitamin D dalam bahan pangan dapat dilakukan dengan menambahkan antioksidan pada minyak atau lemak, dihindari kontak dengan udara, asam, dan *trace mineral* seperti Cu dan Fe karena dapat bertindak sebagai prooksidan.

d. Pengaruh Pengolahan

Vitamin D sangat stabil, sedikit atau tidak ada kehilangan dalam pengolahan dan penyimpanan. Vitamin D dalam susu tidak dipengaruhi pasteurisasi, perebusan, atau sterilisasi (Hartman dan Dryden, 1965). Penyimpanan beku susu atau mentega juga memiliki sedikit atau tidak berefek pada jumlah vitamin D, dan hasil yang diperoleh sama selama penyimpanan susu kering.

Potensi vitamin D susu dapat ditingkatkan melalui beberapa cara: pemberian pakan sapi yang tinggi vitamin D seperti khamir yang diiradiasi, iradiasi susu, dan penambahan konsentrat vitamin D. Metode terakhir sekarang hanya digunakan sebagai prosedur biasa. Praktek iradiasi susu untuk meningkatkan potensi vitamin D telah dihentikan, karena pengaruh buruk iradiasi pada komponen susu yang lain. Vitamin D ditambahkan pada susu untuk memberikan konsentrasi sebesar 400 IU per

quart (0.9463 liter). Penambahan vitamin D pada margarin ada pada level 550 IU per 100 gram.

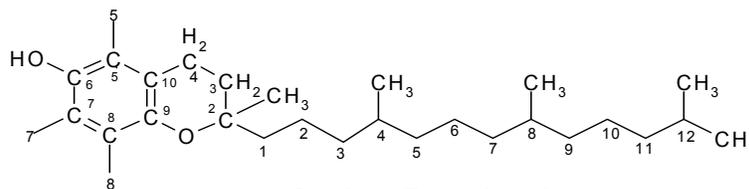
Pada saat ini hampir semua susu diperkaya dengan vitamin D dengan cara penambahan kristal vitamin D secara langsung. Susu secara alami miskin vitamin D, tetapi merupakan media yang cocok untuk fortifikasi karena mengandung kalsium dan fosfor. Bahan pangan lain yang difortifikasi dengan vitamin D adalah produk biji-bijian dan margarin, berbagai jenis *breakfast cereal*, serta makanan bayi.

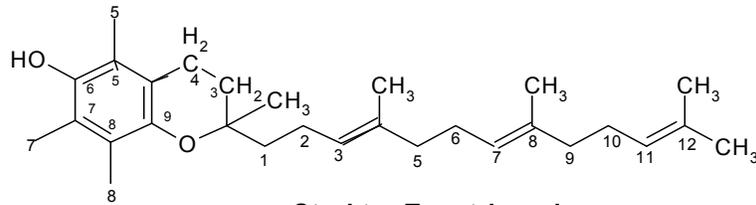
3. Vitamin E

a. Klasifikasi dan Struktur

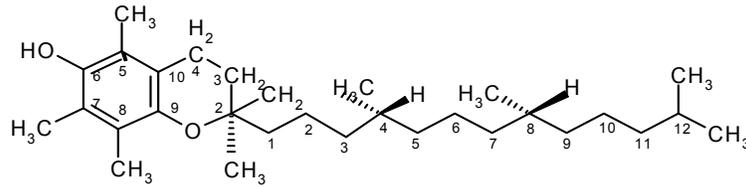
Vitamin E adalah istilah untuk semua tokoferol, tokotrienol, dan turunannya yang secara kualitatif memperlihatkan aktivitas dari RRR- α -tokoferol (Gambar 8.19). Istilah tokoferol adalah deskripsi umum untuk semua mono-, di-, dan trimetil tokoferol dan tokotrienol.

Posisi metil	Struktur Tokoferol	Struktur Tokotrienol
5,7,8	α - Tokoferol (α -T)	α -Tokotrienol (α -T-3)
5,8	β - Tokoferol (β -T)	β -Tokotrienol (β -T-3)
7,8	γ - Tokoferol (γ -T)	γ -Tokotrienol (γ -T-3)
8	δ - Tokoferol (δ -T)	δ -Tokotrienol (δ -T-3)





Struktur Tocotrienol

2R, 4'R, 8'R- α -Tocopherol

Gambar 8.19. Rumus struktur vitamin E.

b. Kebutuhan dan Defisiensi Vitamin E

Sumber vitamin E alami yang paling baik adalah minyak nabati, terutama minyak dari lembaga (germ) gandum. Salada dan alfalfa mengandung vitamin E cukup banyak; jeruk, pisang, dan minyak kacang tanah hanya sedikit; sedangkan minyak zaitun tidak mengandung vitamin E. Jaringan hewan hanya mengandung sedikit vitamin E. Jumlah yang paling besar terdapat dalam hati (kuda dan sapi, tetapi tidak banyak dalam tikus), sejumlah kecil terdapat dalam otot, hati, ginjal, plasenta, susu, dan telur. Minyak hati ikan yang kaya akan vitamin A dan D, sangat sedikit mengandung vitamin E.

Kebutuhan dan makanan yang mengandung vitamin E didefinisikan dalam istilah α -tokoferol ekuivalen (α -TE). Untuk memperoleh 1 mg α -TE, seseorang

harus mengonsumsi 1 mg RRR- α -tokoferol, 1,35 mg all-rac- α -tokoferol, 1,49 mg all-rac- α -tokoferil asetat, atau 10 mg RRR- α -tokoferol. Satuan sebelumnya yang digunakan adalah International Unit (IU), yang besarnya adalah:

$$1 \text{ mg } \alpha\text{-TE} = 1,49 \text{ IU}$$

Kebutuhan vitamin E juga tidak sama untuk setiap golongan umur, jenis kelamin, dan kondisi. Kebutuhan tertinggi adalah bagi golongan ibu menyusui.

Keadaan defisiensi vitamin E pada manusia masih belum diketahui. Pada tikus yang dihilangkan vitamin E-nya, yang jantan menjadi steril dan betina yang sedang hamil tidak dapat melahirkan karena kekurangan vitamin ini akan mengakibatkan kematian dan reabsorpsi embrio dalam uterus. Kesuburan tikus betina tidak dihilangkan, ketika diberikan vitamin E yang cukup, mereka dapat

melahirkan normal. Anak-anak tikus (dan hewan lain) setelah beberapa bulan diberikan diet yang kurang vitamin E, tidak tumbuh normal, lemah, dan terjadi degenerasi (kemunduran) pada jaringan skeletal (*muscular dystrophy*), juga luka ditemukan pada jaringan hati (Bogert, 1960).

c. Sifat Fisikokimia

Tokoferol dan tokotrienol berwarna kuning sampai kuning pucat, berbentuk minyak kental, larut dalam alkohol, lemak, dan pelarut lemak, tetapi tidak larut dalam air.

Tokoferol dan tokotrienol stabil terhadap asam, panas, dan alkali, tetapi dapat dirusak oleh oksigen dan proses oksidasi dapat dipercepat jika terkena cahaya, panas, alkali, dan adanya logam seperti Cu^{2+} dan Fe^{3+} . Tanpa adanya oksigen, vitamin E stabil terhadap panas pada suhu di atas 200 °C, serta tidak terpengaruh oleh asam sulfat dan asam klorida pada suhu di atas 100 °C.

d. Pengaruh Pengolahan

Kehilangan tokoferol selama proses pengolahan bahan pangan sebagian besar disebabkan karena oksidasi karena tokoferol merupakan antioksidan sehingga mudah teroksidasi.

Distribusi tokoferol di seluruh biji tidak seragam, dan tepung dengan derajat ekstraksi berbeda dapat memiliki jumlah tokoferol berbeda pula. Hal ini ditunjukkan oleh

Menger (1957) dalam suatu studi tentang tepung terigu (Tabel 8.12).

Tabel 8.12. Kandungan Tokoferol Gandum dan Produk-Produk Gilingnya

Produk	Abu (%)	Tokoferol Mg/100 G (Db)
Gandum utuh	2,05	5,04
Tepung 1 (halus)	1,68	5,90
Tepung 2	1,14	4,27
Tepung 3	0,84	3,48
Tepung 4	0,59	2,55
Tepung 5	0,47	2,35
Tepung 6 (kasar)	0,48	2,13
Endosperma (germ)	4,10	25,0

Sumber: Menger, 1957

Pada proses pemasakan yang normal dilaporkan tidak ada kehilangan vitamin E. Walaupun kehilangan vitamin E pada minyak yang digunakan untuk menggoreng irisan kentang hanya 11%, tetapi kehilangan yang besar dapat dialami pada minyak yang melekat pada produk hasil gorengan selama penyimpanan. Hanya setelah dua minggu penyimpanan keripik pada suhu ruang, hampir setengah tokoferol hilang. Kehilangan-kehilangan agak lebih kecil selama penyimpanan pada suhu *freezer*. Perebusan sayuran hingga 30 menit berakibat kehilangan tokoferol hanya sedikit. Pemanggangan roti putih mengakibatkan kehilangan sekitar 5% tokoferol dalam remah-remahnya (crumb).

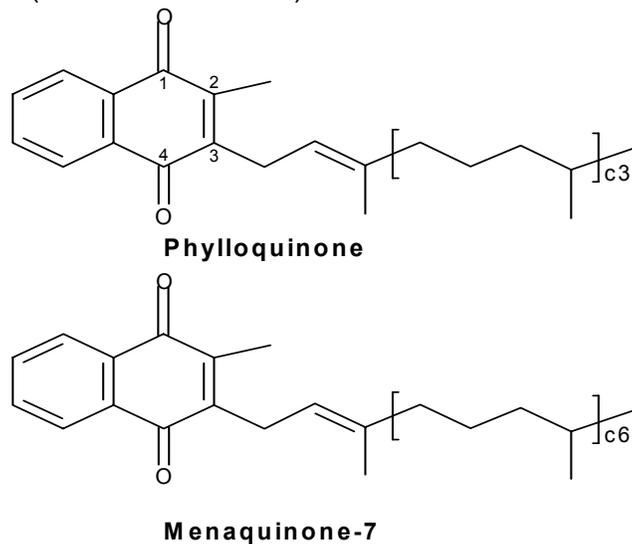
Vitamin E dapat ditambahkan ke dalam makanan sebagai antioksidan. Komponen ini menetralkan radikal-radikal bebas, menuju peningkatan masa simpan.

4. Vitamin K

a. Klasifikasi dan Struktur

Menurut Fennema (1985), aktivitas vitamin K ditemukan dalam turunan-turunan naftokuinon larut lemak. Menurut Stipanuk (2000), senyawa yang memiliki aktivitas vitamin K adalah 2-metil-1,4-naftokuinon dengan bagian hidrofobik pada posisi 3 (Gambar 8.20.).

Phylloquinone atau disebut vitamin K₁ diisolasi dari tanaman hijau dan memiliki grup phytyl pada posisi 3 dari cincin naftokuinon. Bakteri juga mensintesis vitamin K yang disebut K₂ yang lebih dikenal dengan menakuinon. Bentuk ini mempunyai grup multiprenyl tidak jenuh pada posisi 3. Senyawa sintetik menadione (2-metil-1,4-naftokuinon) yang juga mempunyai aktivitas vitamin K biasanya digunakan sebagai sumber vitamin makanan hewan. Phylloquinone tersedia dalam bentuk tablet untuk kebutuhan manusia.



Gambar 8.20. Struktur Vitamin K.

b. Kebutuhan dan Defisiensi Vitamin K

Vitamin K secara luas terdapat makanan dan juga disintesis oleh flora usus. Sumber-sumber vitamin K yang baik adalah sayuran berwarna hijau gelap seperti bayam dan daun kol, kembang kol, kacang polong, dan sereal. Produk

hewani sedikit mengandung vitamin ini kecuali hati babi.

Walaupun defisiensi vitamin K yang utama tidak umum terjadi pada orang dewasa, penyakit pendarahan pada bayi baru lahir karena kekurangan vitamin ini juga jarang, namun merupakan sindrom yang telah lama dikenal.

Persediaan vitamin K dari bayi yang baru lahir rendah karena transfer vitamin melalui plasenta yang minim dan usus steril menghalangi kemungkinan produksi dan penggunaan menakuinon selama awal kehidupan. Di samping itu, kandungan vitamin K air susu ibu lebih rendah dibandingkan susu sapi. Susu formula bayi kini disuplementasi dengan vitamin K.

Adapun pendarahan pada orang dewasa terjadi karena rendahnya asupan diet vitamin K rendah oleh seorang pasien yang juga mengkonsumsi antibiotik, yang mengganggu sintesis menakuinon oleh mikroba dalam usus.

Hipoprotrombinemia merupakan defisiensi vitamin K terjadi pada bayi yang diberikan makanan yang mengandung isolat protein kedelai, formula dasar daging (*meatbase formula*) atau formula yang mengandung *hidrolized casein*. Produk-produk tersebut ternyata rendah kandungan vitamin K-nya.

c. Sifat Fisikokimia

Vitamin K₁ berupa cairan berwarna kuning, sedangkan K₂ adalah kristal berwarna kuning. Semua vitamin K larut dalam sebagian besar pelarut lemak, tetapi hanya sedikit larut dalam metanol atau etanol. Vitamin K₁ dengan lambat didekomposisi oleh oksigen atmosfer tetapi siap dirusak oleh cahaya (fotoreaktif). Vitamin ini stabil terhadap panas, tetapi tidak stabil terhadap alkali dan asam kuat.

d. Pengaruh Pengolahan

Kehilangan vitamin K selama pengolahan relatif kecil karena stabil terhadap panas dan tidak larut dalam air. Pemasakan biasa hanya menyebabkan kerusakan sedikit. Makanan beku cenderung mengandung sedikit vitamin K.

Vitamin K₁ sintetik merupakan bentuk vitamin K yang digunakan untuk nutrifikasi makanan, terutama makanan bayi. Codex Alimentarius Committee menetapkan jumlah minimal vitamin K dalam makanan bayi sebesar 4 mikrogram per 100 KKal atau 27 mikrogram per liter.

D. Vitamin Larut Air

1. Vitamin C

Vitamin C ditemukan oleh Albert Szent-Gyorgyi pada 1937. Albert Szent-Gyorgyi mendeskripsikan vitamin yang serupa gula itu sebagai suatu yang dapat membuat badan bekerja baik sehingga tubuh menjadi lebih kuat dan lebih sehat.

Ilmuwan pemenang hadiah nobel dua kali Dr Linus Pauling meninggal dalam usia 93 tahun. Ia dengan bersemangat mengatakan dirinya telah berhasil menunda kematian sekurang-kurangnya selama 20 tahun karena mengkonsumsi vitamin C dosis tinggi.

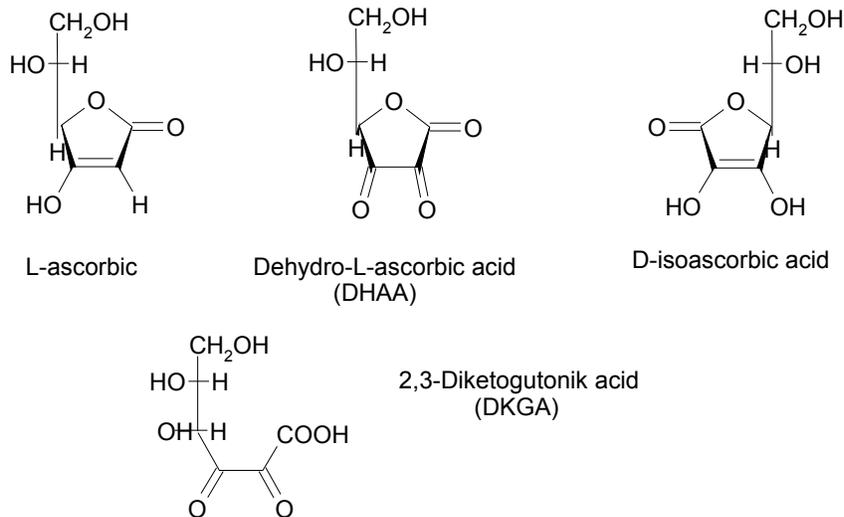
a. Klasifikasi dan Struktur

Asam L-askorbat adalah lakton (ester dalam asam hidroksikarboksilat) dan diberi ciri oleh gugus enadiol yang

menjadikannya senyawa pereduksi yang kuat. Bentuk D tidak mempunyai aktivitas biologi. Salah satu dari isomer, asam D-isoaskorbat, atau asam eritorbat, diproduksi secara niaga untuk sebagai tambahan dalam makanan (De Man, 1999).

Vitamin C dapat berbentuk sebagai asam L-askorbat dan asam L-

dehidroaskorbat, keduanya memiliki keaktifan sebagai vitamin C. Asam askorbat sangat mudah teroksidasi secara reversible menjadi asam L-dehidroaskorbat, yang secara kimia bersifat sangat labil dan dapat mengalami perubahan lebih lanjut menjadi asam L-diketogulonat yang tidak memiliki keaktifan vitamin C lagi (Winarno, 1998).



Gambar 8.21. Struktur Asam Askorbat & Unsur- Unsur Yang Berhubungan

b. Kebutuhan dan Defisiensi Vitamin C

Sumber vitamin C antara lain berasal dari sayur-sayuran dan buah-buahan. Di antara sayur-sayuran dan buah-buahan yang paling mendominasi sebagai sumber vitamin C terbanyak adalah tomat dan jeruk. beraneka jenis makanan lainnya adalah, asparagus, kol, susu, mentega, kentang, ikan, atau hati. Oleh karena itu, cara yang terbaik mendapatkan vitamin C adalah

dengan mengonsumsi bahan makanan yang banyak mengandung vitamin C (Noer, R., 2002). Berikut ini adalah sumber makanan terbaik untuk mendapatkan vitamin C dalam setiap 100 gram bahan.

Kebutuhan vitamin C memang berbeda-beda bagi tiap orang, tergantung kebiasaan masing-masing. Pada remaja, kebiasaan yang berpengaruh di antaranya: merokok, minum kopi, atau minuman beralkohol, konsumsi

obat tertentu seperti obat antikejut, antibiotik, obat tidur, dan kontrasepsi oral. Kebiasaan merokok menghilangkan 25% vitamin C dalam darah. Selain nikotin senyawa lain yang berdampak sama buruknya adalah kafein. Maka, sebisa mungkin hindari minum kopi, teh, dan cola. Selain itu stres, demam, infeksi, dan giat berolahraga juga meningkatkan kebutuhan akan vitamin C.

gigi mudah goyah dan lepas, perdarahan di bawah kulit (sekitar mata dan gusi), cepat lelah, otot lemah dan depresi. Bahkan, punya korelasi dengan masalah kesehatan seperti kolesterol tinggi, sakit jantung, artritis (radang sendi), dan pilek. Defisiensi vitamin juga akan mengakibatkan anemia apabila terjadi saat bayi dan pada saat kehamilan (Noer, R., 2002).

c. Sifat Fisikokimia

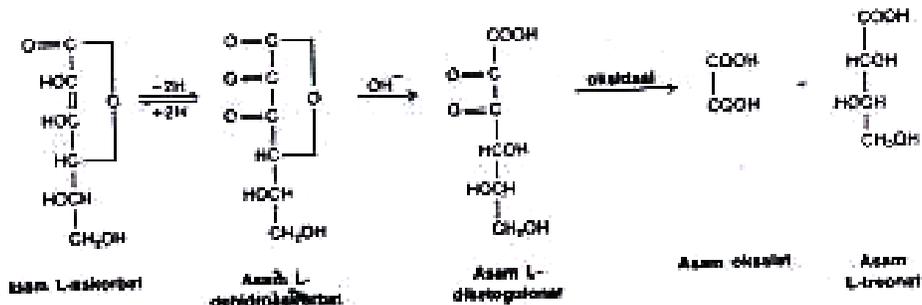
Kondisi badan yang selalu didera stress juga akan menguras berbagai vitamin/mineral termasuk vitamin C. Dalam suatu penelitian diketahui mereka yang stres ringan ketika diekspos dengan virus flu, 27 persen diantaranya segera terserang flu.

Asam L-askorbat mudah dioksidasi secara bolak-balik menjadi asam dehidro-L-askorbat, yang tetap mempertahankan aktivitas vitamin C. Senyawa ini dapat dioksidasi lebih lanjut menjadi asam diketo-L-gulonat, dalam reaksi yang tidak bolak-balik. Asam diketo-L-gulonat tidak mempunyai aktivitas biologi, tidak stabil, dan dioksidasi lebih lanjut menjadi beberapa senyawa yang mungkin, termasuk asam 1-treona.

Vitamin C tersimpan dalam kelenjar adrenal, kelenjar lendir, ginjal, hati, indung telur, mata, dan organ yang lain. Vitamin ini akan keluar saat kita berolahraga berat dan pada saat tekanan yang sangat tinggi.

Dehidrasi dan dekarboksilasi dapat menjerus ke pembentukan furfural, yang dapat berpolimerisasi membentuk pigmen coklat atau bergabung dengan asam amino dalam penguraian Strecker (deMan, 1999).

Hipoaskorbemia (defisiensi asam askorbat) bisa berakibat seraiwan, baik di mulut maupun perut, kulit kasar, gusi tidak sehat sehingga



Gambar 8.22 . Reaksi metabolisme vitamin C

Berikut ini beberapa fungsi dari vitamin C yang sekarang semakin disadari tidak hanya sekedar untuk antisariawan, tetapi juga untuk meningkatkan kekebalan tubuh.

- Agar tubuh mampu menangkal penyerbu-penyerbu asing (virus, kuman, dan bakteri) maka limfosit (sel darah putih) harus tersedia dalam jumlah yang cukup. Mengonsumsi vitamin C dosis tinggi diketahui dapat meningkatkan produksi limfosit. Vitamin C bekerja sebagai antibiotika dalam tubuh untuk menghancurkan virus penyebab penyakit.
- Vitamin C juga akan meningkatkan kadar glutathione di dalam tubuh. Glutathione adalah antioksidan dalam tubuh yang dapat menjaga sistem kekebalan tubuh. Konsumsi vitamin C 500 mg sehari dapat meningkatkan kadar glutathione tubuh sampai 50 persen (Khomsan, 2000).
- Selama ini vitamin C atau asam askorbat lebih terkenal perannya dalam menjaga dan memperkuat imunitas terhadap infeksi. Vitamin C juga berperan penting dalam fungsi otak, karena otak banyak mengandung vitamin C. Dua peneliti di Texas Woman's University menemukan, murid SMTP yang tingkat vitamin C-nya dalam darah lebih tinggi ternyata menghasilkan tes IQ lebih baik daripada yang jumlah vitamin C-nya lebih rendah.
- Vitamin C digunakan untuk menjaga struktur kolagen, sejenis protein yang

menghubungkan semua jaringan serabut, kulit, urat, tulang rawan, dan jaringan lain di tubuh manusia. Struktur kolagen yang baik dapat menyembuhkan luka, patah tulang, memar, perdarahan kecil dan luka ringan.

d. Pengaruh Pengolahan

Vitamin C adalah vitamin yang paling tidak stabil dari semua vitamin dan mudah rusak selama pemrosesan dan penyimpanan. Laju perusakan meningkat karena kerja logam, terutama tembaga dan besi dan juga oleh kerja enzim. Pendedahan oksigen, pemanasan yang terlalu lama dengan adanya oksigen dan pendedahan terhadap cahaya semuanya merusak kandungan vitamin C makanan (deMan, 1999).

Kandungan vitamin C pada makanan dapat hilang saat proses pengolahan, ketika dimasak atau pada proses penyimpanan. Beberapa cara untuk meminimalkan perubahan yang timbul antara lain adalah sebagai berikut:

- Bila merebus makanan, diusahakan tidak terlalu banyak air dan tidak dalam waktu yang terlalu lama.
- Menyimpan juice dalam kulkas jangan lebih dari 2-3 hari.
- Menyimpan buah-buahan dan sayur-sayuran di tempat yang jauh dari air agar tidak tercampur dengan air karena vitamin C larut dalam air (Noer, ., 2002).

Tabel 8.13. Kestabilan vitamin C dalam makanan dan minuman setelah penyimpanan pada 23°C selama 12 bulan.

Jumlah Produk	Cuplikan	Tersisa	
		Rata-rata (%)	Rentang (%)
Sereal siap santap	4	71	60-87
Campuran minuman buah kering	3	94	91-97
Serbuk coklat	3	97	80-100
Susu murni kering, kemas udara	2	75	65-84
Susu murni kering, kemas gas	1	93	-
Serbuk kedelai kering	1	81	-
Persik beku	1	80	-
Sari apel	5	68	58-76
Sari kranberi (<i>Vaccinium oxycoccos</i>)	2	81	78-83
Sari grape fruit	5	81	73-86
Minuman anggur	3	76	65-94
Minuman jeruk	5	80	75-83
Minuman berkarbonat	3	60	54-64

Sumber : DeMann, 1999

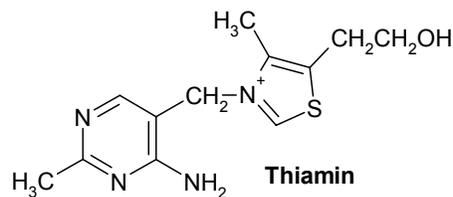
2. Vitamin B₁ (tiamin)

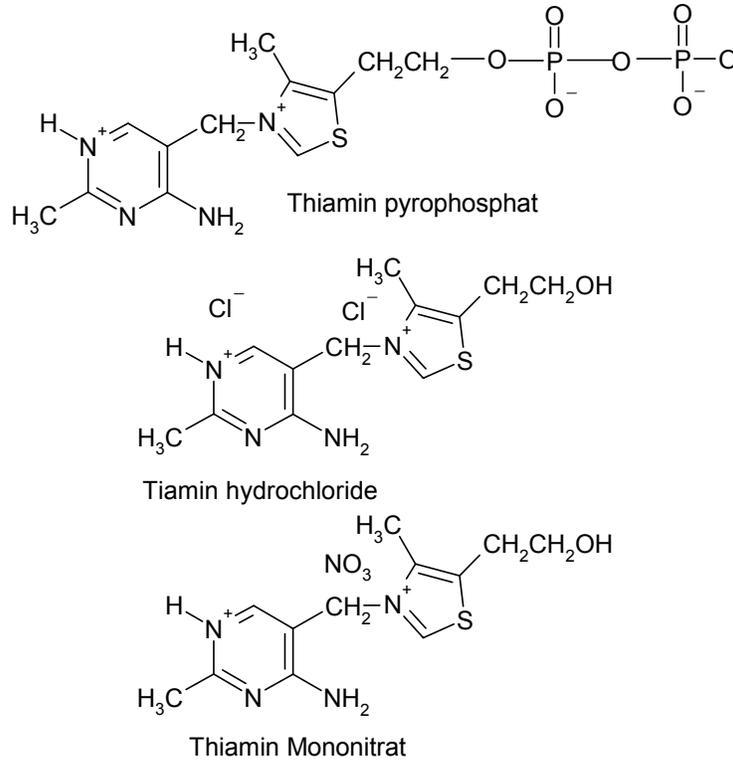
Tidak seperti vitamin lainnya, vitamin B dibedakan atas beberapa macam dan tergabung dalam vitamin B kompleks; ada vitamin B₁ (tiamin), B₂ (riboflavin), B₃ (niasin), B₆ (piridoksin), dan B₁₂ (kobalamin). Masing-masing punya peran yang berbeda. Struktur kimia dan sintesis tiamin untuk pertama kali

berhasil dilakukan oleh Williams dan Cline pada tahun 1936.

a. Klasifikasi dan Struktur

Istilah tiamin menyatakan bahwa zat ini mengandung sulfur (tio) dan nitrogen (amine). Molekul tiamin terdiri atas cincin pirimidin yang terikat dengan cincin tiasol.





Gambar 8.23. Struktur dari berbagai bentuk tiamin. Semuanya memiliki aktivitas Vitamin B₁ (tiamin)

b. Kebutuhan dan Defisiensi

Sedikit tiamin terdapat hamper dalam semua makanan yang berasal dari tumbuhan dan hewan. Sumber yang baik ialah butir sereal utuh; daging organ hewan seperti hati, jantung dan ginjal dan lain sebagainya.

Meskipun kandungan tiamin biasanya diukur dalam mg per 100 g makanan, satuan lain telah dipakai kadang-kadang, S.I. yang setara dengan 3 µg tiamin hidroklorida. Kebutuhan harian manusia berkaitan dengan aras karbohidrat makanan. Konsumsi minimum 1 mg per 2000 kkal dianggap suatu keharusan.

Peningkatan aktivitas metabolisme, seperti yang diakibatkan oleh kerja berat, kehamilan atau penyakit, memerlukan konsumsi yang lebih tinggi (deMan, 1999).

Vitamin B₁ memiliki beberapa fungsi, diantaranya adalah membantu mendorong nafsu makan, metabolisme karbohidrat, berperan dalam sistem saraf dan fungsi jantung. Vitamin ini adalah koenzim penting dalam produksi energi yaitu mengubah glukosa menjadi energi, oleh karena itu bagi diabetesi sangat dianjurkan menambah asupan B1 untuk mengatur penggunaan glukosa tubuh.

Beberapa gejala kekurangan tiamin diantaranya ditandai dengan berkurangnya nafsu makan, sukar buang air besar, susah tidur dan gelisah. Beri-beri adalah gejala kekurangan vitamin ini. Selain itu kekurangan tiamin sering terjadi pada pecandu minuman alkohol. Hal ini disebabkan alkohol bertentangan dengan proses penyerapan tiamin dalam pencernaan.

Sementara konsumsi vitamin B₁ dalam dosis tinggi (5,000-10,000 mg) dapat menyebabkan sakit kepala, iritasi, meningkatkan denyut dan menimbulkan kelemahan tubuh.

c. Sifat Fisikokimia

Tiamin merupakan kristal putih kekuningan yang larut dalam air. Dalam keadaan kering vitamin B₁ cukup stabil. Di dalam keadaan larut, vitamin B₁ hanya tahan panas bila berada dalam keadaan asam. Dalam suasana alkali, vitamin B₁ mudah rusak oleh panas atau oksidasi. Tiamin secara komersial didapat sebagai tiamin hidroklorida yang lebih stabil dan aktif secara biologik (Almatsier, 2004).

Bila ditinjau dari sifat biokimianya, dalam bentuk pirofosfat (TPP) atau difosfat (TDP), tiamin berfungsi sebagai koenzim berbagai reaksi metabolisme energi. Tiamin dibutuhkan untuk dekarboksilasi oksidatif piruvat menjadi asetil KoA dan memungkinkan masuknya substrat yang dapat dioksidasi ke dalam

siklus Krebs untuk pembentukan energi. Asetil KoA yang dihasilkan enzim ini. Disamping itu merupakan prekursor penting lipida asetil kolin, yang berarti adanya peranan TPP dalam fungsi normal system syaraf.

d. Pengaruh Pengolahan

Tiamin adalah salah satu vitamin yang kurang kestabilannya. Berbagai operasi pemrosesan makanan dapat sangat mereduksi tiamin. Panas, oksigen, belerang dioksida, pH netral atau basa dapat mengakibatkan kerusakan tiamin.

Makanan dapat diautoklaf pada 120°C dengan sedikit atau tanpa kehilangan tiamin. Pada pH netral atau basa, vitamin rusak dengan pendidihan atau bahkan dengan penyimpanan pada suhu kamar.

Beberapa spesies ikan mengandung enzim yang dapat merusak tiamin dengan cepat. Karena alasan ini, belerang dioksida tidak diizinkan sebagai tambahan dalam makanan yang mengandung tiamin dalam jumlah yang lumayan. Pemanggangan roti putih dapat mengakibatkan kehilangan tiamin 20%. Kehilangan tiamin dalam pemrosesan susu ialah sebagai berikut: pasteurisasi 3-20%, sterilisasi 30-50%, pengering semprot 10% dan penggilingan 20-30%. Bukan hanya karena penggilingan saja kandungan tiamin berkurang, tetapi penyimpanan butir gandum utuhpun dapat berakibat kehilangan vitamin ini (DeMan, 1997).

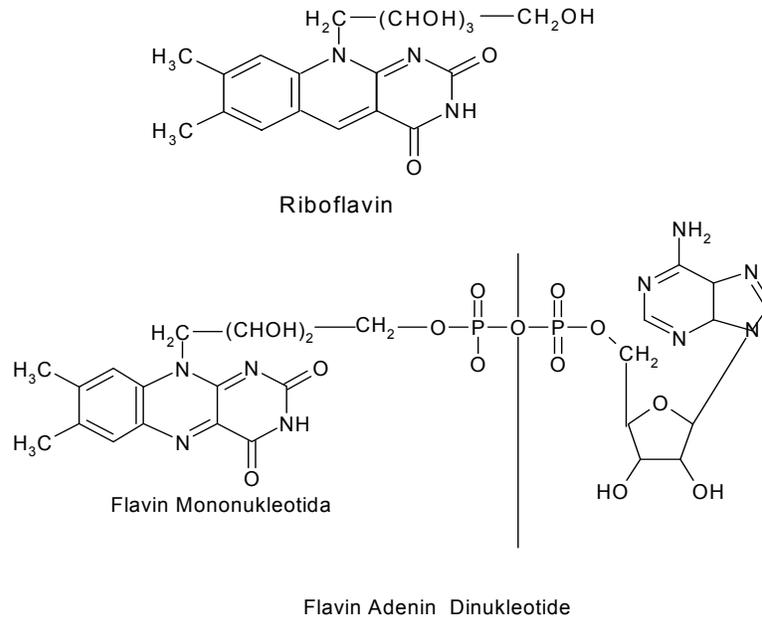
3. Vitamin B₂ (Riboflavin)

Vitamin B₂ ditemukan sebagai pigmen kuning kehijauan yang bersifat fluoresen (mengeluarkan cahaya) dalam susu pada tahun 1879 dan fungsi biologiknya baru ditemukan pada tahun 1932. Vitamin ini disintesis pada tahun 1935 dan dinamakan riboflavin (Anonymous, 2004).

a. Klasifikasi dan Struktur

Struktur riboflavin terdiri atas cincin isoaloksazin dengan rantai

samping ribitil. Vitamin ini merupakan komponen dari dua koenzim, Flavin mononukleotida (FMN) dibentuk dengan dikaitkannya ester fosfat pada rantai samping ribitil. Flavin Adenin Difosfat (FAD) dibentuk bila FMN pada rantai sampingnya dikaitkan dengan adenine monofosfat. Enzim- enzim flavoprotein yang mengandung FMN dan FAD terikat pada bermacam apoenzim dan terlibat dalam reaksi oksidasi-reduksi berbagai jalur metabolisme yang berpengaruh terhadap respirasi sel (Almatsier, 2004).



Gambar 8.24 . Struktur Riboflavin, FMN dan FAD

b. Kebutuhan dan Defisiensi Vitamin B₁₂

Pada umumnya, Riboflavin makanan berada dalam bentuk nukleotida, ester asam fosfat atau terikat pada protein. Hanya dalam

susu saja riboflavin kebanyakan dalam bentuk bebas.

Vitamin B₂ memiliki fungsi diantaranya memperbaiki kulit dan mata, serta membantu produksi energi antara sel.

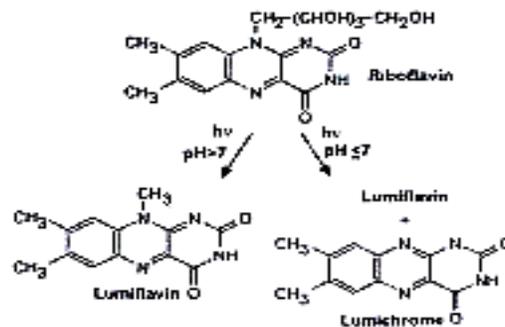
Defisiensi vitamin ini adalah berkurangnya kepekaan terhadap cahaya, Kekurangan Riboflavin biasanya dihubungkan dengan kekurangan tiamin dan niacin. Tanda- tanda yang muncul akibat kekurangan Riboflavin bersifat menyebar, tetapi secara khusus dapat dilihat pada jaringan epithelial. Disamping itu biasanya kulit menjadi kering dan bersisik, munculnya angular stomatitis (pecah di sudut bibir, serta gangguan kulit sekitar hidung dan bibir), lidah keunguan dan bengkak, rasa terbakar, dan terjadi iritasi pada mata.

Tidak ada kasus mengenai keracunan riboflavin yang telah diobservasi. Batas atas keamanan untuk riboflavin belum ditentukan berkaitan dengan ketiadaan data selama ini mengenai efek negatif yang timbul bila mengkonsumsi riboflavin secara berlebihan. The Food and Nutrition Board of the Institute of Medicine merekomendasikan bahwa sebaiknya riboflavin dikonsumsi hanya dari sumber makanan saja. Hal ini dilakukan untuk mencegah *intake* level racun yang potensial.

c. Sifat Fisikokimia

Dalam bentuk murni, riboflavin adalah kristal kuning, dan larut air, tahan panas, oksidasi dan asam, tetapi tidak tahan alkali dan cahaya terutama sinar ultraviolet (Almatsier, 2004). Vitamin ini mantap terhadap panas dalam bentuk kering atau dalam medium asam (Harris dan Karmas, 1989).

Molekul vitamin B₂ terdiri atas satuan d-ribitol yang terikat pada cincin isoaloksazina, Perubahan sekecil apapun dalam molekul mengakibatkan hilangnya aktivitas vitamin. Larutan riboflavin dalam air berwarna kuning dengan fluoresensi hijau-kekuningan. Karena pengaruh cahaya dan pH basa, riboflavin diubah menjadi lumiflavin, senyawa tak aktif dengan fluoresensi hijau-kekuningan. Pada kondisi asam, Riboflavin dirubah menjadi turunan tak aktif yang lain, lumikrom dan ribitol. Senyawa ini mempunyai Fluoresensi biru. Perubahan menjadi lumiflavin dalam susu mengakibatkan kerusakan asam askorbat (deMan, 1999).



Gambar 8.25 . Perubahan fotokimia Riboflavin menjadi lumikrom dan lumiflavin

Selain bersifat stabil terhadap panas dan dalam larutan asam, Riboflavin merupakan oksidator yang agak kuat, pada pH netral maupun basa (Harris dan Karmas, 1989).



Gambar 8.26. Kemampuan oksidasi-reduksi Flavin

Berdasarkan sifat biokimia yang dimilikinya, Riboflavin termasuk kelompok vitamin yang larut dalam air, dan merupakan energi pendukung untuk proses metabolisme dan biosintesis dari sejumlah persenyawaan termasuk dalam bentuk coenzyme, seperti flavin adenine dinucleotide (FAD) and flavin adenine mononucleotide (FMN). Riboflavin juga berperan dalam aktivasi dan pendukung aktivitas berbagai jenis vitamin seperti vitamin B6, folate, niacin, dan vitamin K.

d. Pengaruh Pengolahan

Riboflavin sangat peka terhadap cahaya, dan laju kerusakannya meningkat dengan naiknya pH dan suhu. Reduktor seperti asam askorbat, disertai cahaya, dapat menyebabkan kerusakan, misalnya kerusakan susu dalam botol yang terbuat dari kaca bening. Riboflavin dalam susu pada kondisi seperti itu akan mengalami kerusakan sebesar 50% dalam 2 jam. (Harris dan Karmas, 1989).

Susu termasuk sumber utama riboflavin, maka digunakan kemasan yang bersifat *opaque*

atau *lightblocking* mengingat Riboflavin bersifat larut dalam air dan stabil terhadap panas, tetapi sensitif terhadap kerusakan yang diakibatkan oleh adanya cahaya. Hal tersebut menunjukkan sifat bahan pengemas dapat mempengaruhi derajat kerusakan Riboflavin secara bermakna. Tampaknya panjang gelombang cahaya yang terlibat pada kerusakan riboflavin terdapat di daerah spectrum tampak di bawah 500 sampai 520 nm (DeMan, 1997).

Sama dengan vitamin B lainnya, riboflavin hilang pada saat penggilingan biji-bijian. Untuk menutupi kekurangan ini, biasanya dilakukan penambahan vitamin pada tepung, namun Riboflavin bukan termasuk vitamin yang ikut ditambahkan. pada beras putih karena dapat menyebabkan warna kuning/ *yellowish* pada produk.

e. Analisis

- Metode Fisik
 - Penentuan spektrum absorpsi
 - Penentuan spektrum absorpsi sinar UV untuk vitamin B2 hanya cocok untuk

larutan riboflavin murni. Hal ini pun masih memiliki kelemahan karena sangat peka terhadap cahaya.

- Pengukuran spektrum fluoresensi

Vitamin B2 dapat diukur berdasarkan sifatnya yang dapat berfluoresensi dengan panjang gelombang maksimum 565 nm pada pH 6.

- Metode Biokimia
Pada metode pengukuran Riboflavin adenin dinukleotida, senyawa nukleotida diukur berdasarkan kemampuannya untuk berikatan dengan d— asam-amino olsidase
- Metode Biologi
Pada tes bakteri asam laktat, metode ini berdasarkan kebutuhan *Lactobacillus caseii* akan vitamin B2 untuk pertumbuhan. Metode ini tidak hanya mengukur riboflavin bebas tetapi juga riboflavin terikat. (koenzim atau enzim).

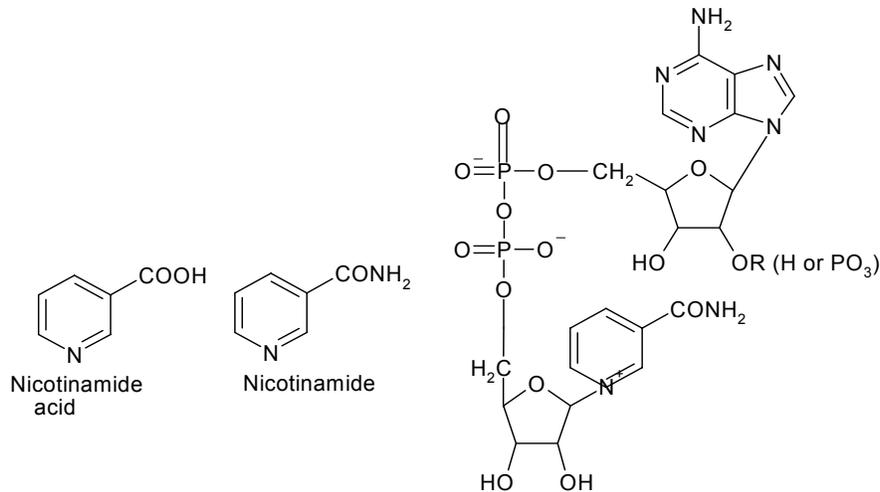
a. Klasifikasi dan Struktur

Niacinamide (nicotinamide) adalah salah satu bentuk dasar niasin yang termasuk dalam vitamin B-Complex. Niasin digunakan sebagai suatu istilah kolektif untuk mengacu pada keduanya, nicotinamide maupun nicotinic acid. Nicotinamide dan nicotinic acid mempunyai aktivitas vitamin yang serupa, tetapi mereka memiliki aktivitas farmakologis sangat berbeda (Anonymous, 2004).

Bentuk niasin sebagai nikotinamida kemudian diisolasi dari Nikotinamida Adenin Dinukleotida Fosfat (NADP) dan Nikotinamida Adenin Dinukleotida (NAD). Hubungan antara triptofan dan niasin ditemukan melalui eksperimen pada manusia yang mengukur metabolisme niasin sesudah diberi beberapa dosis triptofan. Ternyata triptofan adalah prekursor dari niasin (Almtsier, 2004).

4. Vitamin B₃ (niasin)

Identifikasi niasin erat berkaitan dengan penelitian tentang penyebab dan pengobatan pellagra, suatu penyakit yang umum ditemukan pada abad ke – 18 di Spanyol dan Itali.



Gambar 8.27. Struktur nicotinic acid, nicotinamide dan nicotinamide adenine dinucleotide (phosphate)

b. Kebutuhan dan Defisiensi Vitamin B3

Kebutuhan manusia akan niasin berkaitan dengan pemasukan triptofan. Protein hewan mengandung kira-kira 1,4% triptofan, protein sayur sekitar 1%. Pemasukan 60 mg triptofan melalui makanan dianggap setara dengan 1 mg niasin. Dosis kebutuhan harian untuk orang dewasa, dinyatakan sebagai niasin, 6,6 mg per 1000 kcal, dan tidak kurang dari 13 mg jika jumlah kalori kurang dari 2000kcal (deMann, 1999).

Nikotinamida dalam dosis farmakologis tidak memiliki aktivitas antihyperlipidemic, maupun kemampuan untuk menyebabkan niacin-flush. Berdasarkan bukti yang ada, bagaimanapun, dosis nikotinamida secara farmakologis dapat mencegah penyakit diabetes mellitus tipe satu. Pyrazinamide, salah satu obat penting dalam

perawatan tuberculosis, memiliki sifat/ keadaan yang serupa, bila dibandingkan dengan mekanisme biokimia dengan nikotinamida.

Bila kekurangan vitamin ini dapat menimbulkan penyakit seperti pellagra (kerusakan kulit, lidah jadi licin, bingung, diare, lekas marah). Sebaliknya konsumsi vitamin B3 lebih dari 100 mg dapat menimbulkan rasa gatal, sakit kepala, mual, diare dan borok.



Gambar. 8.28. Penderita pellagra

c. Sifat Fisikokimia

Niasin dan asam nikotinat merupakan kristal putih, yang lebih stabil dari tiamin dan riboflavin. Niasin tahan terhadap suhu tinggi, cahaya, asam, alkali dan oksidasi. Niasin tidak rusak oleh pengolahan dan pemasakan normal, kecuali kehilangan melalui air masakan yang dibuang. Niasin mudah diubah menjadi bentuk aktif nikotinamida.

Vitamin B₃ memiliki peran secara biokimia yang ditunjukkan dengan beberapa fungsi, di antaranya adalah peranannya dalam sintesis lemak, pernapasan jaringan dan penggunaan karbohidrat, membentuk nafsu makan yang baik, membantu pencernaan, serta memperbaiki kulit, saraf, dan saluran pencernaan (Anonymous, 2004).

Nicotinamida berfungsi di dalam tubuh sebagai koenzim NAD dan NADP (NADH dan NADPH adalah bentuk reduksinya). Koenzim-koenzim ini diperlukan dalam reaksi oksidasi- reduksi pada glikolisis, metabolisme protein, asam lemak, pernafasan sel dan detoksifikasi, Peranannya adalah melepas dan menerima atom hydrogen. NAD juga berfungsi dalam sintesis glikogen (Almatsier, 2004).

d. Pengaruh Pengolahan

Niasin amida sebagian terhirolisis oleh asam dan basa, tetapi menghasilkan niasin dengan aktivitas hayati yang sama. Perlu diketahui juga bahwa niasin langsung tercuci pada proses pengukusan dan pencucian. Vitamin ini dapat rusak oleh reaksi

enzim dalam proses pemeraman daging (Harris dan Karmas, 1989).

Niasin barangkali merupakan vitamin B yang paling stabil. Senyawa ini tidak terpengaruh oleh cahaya, panas, oksigen, asam atau basa. Kehilangan utama yang diakibatkan oleh pemrosesan ialah pelarutan dalam air pemroses. Pemutihan sayur dapat menyebabkan kehilangan sekitar 15%. Proses yang menggunakan air garam dapat mengakibatkan kehilangan sampai 30%.

Pemrosesan susu, seperti pasteurisasi, pensterilan, penguapan dan pengeringan pengaruhnya kecil bahkan tidak berpengaruh terhadap asam nikotinat. Sebenarnya semua niasin dalam susu terdapat dalam bentuk nikotinamida. Dalam banyak makanan, penggunaan panas, seperti pemanggangan dan pembakaran, meningkatkan jumlah niasin yang tersedia. Ini adalah akibat perubahan dari niasin terikat menjadi bentuk bebasnya (deMan, 1997).

e. Analisis

- Metode Kimia
 - Metode sianogen bromida
Prinsip metode ini adalah berdasarkan sifat turunan piridin yang dapat memberikan warna spesifik dengan sianogen bromida dan anina primer atau sekunder. Untuk mengukur kadar asam nikotinat dalam produk-produk alami, terlebih dahulu harus dilakukan hidrolisa enzimatis untuk mendapatkan asam nikotinat bebas.

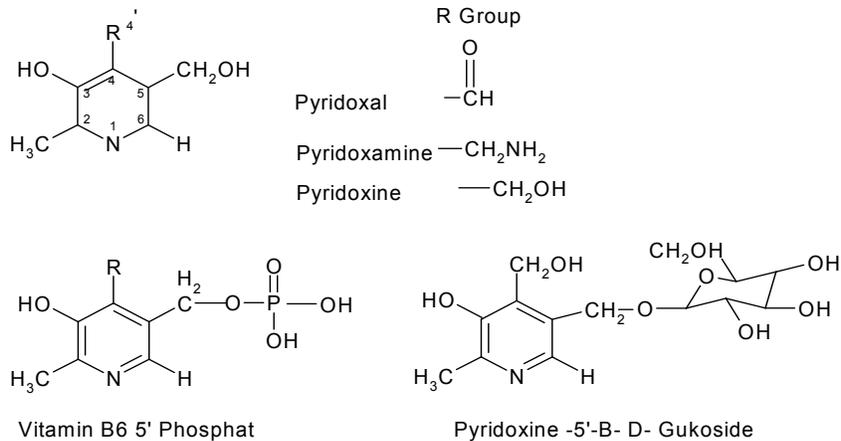
- Metode 2,4-dinitro chlorobenzen
Sampel yang dianalisis dengan metode ini hanya yang mengandung asam nikotinat dan amida bebas. Oleh karena itu, sebelumnya sampel dihidrolisis terlebih dahulu.
- Metode Biokimia
Berdasarkan tes *Lactobacillus*, dilakukan pengukuran *Lactobacillus arabinous*. Jika suplai faktor-faktor pertumbuhan yang diperlukan bakteri tersebut telah cukup, maka jumlah asam laktat yang diproduksinya berbanding lurus (proporsional) dengan jumlah asam nikotinat yang ada. Metode ini memiliki banyak kelebihan bila dibandingkan metode kimia.

5. Vitamin B₆ (pyrodoxine)

Pada tahun 1934, Gyorgy mengidentifikasi dan memisahkan vitamin B₆ yang dapat menyembuhkan dermatitis bersisik pada tikus percobaan. Struktur kimia dan sintesis vitamin B₆ atau piridoksin ditetapkan pada tahun 1939. Bentuk lain berupa piridoksamin serta bentuk aktifnya sebagai piridoksal fosfat ditetapkan pada tahun 1942.

a. Klasifikasi dan Struktur

Vitamin B₆ pada kenyataannya tidak hanya satu jenis vitamin saja, tapi merupakan suatu kelompok tiga campuran yang saling berkaitan yaitu, piridoksin, piridoksal dan piridoksamin, dan derivatif dari phosphorylated, yaitu pyridoxine 5'-phosphate, pyridoxal 5'-phosphate dan pyridoxamine 5'-phosphate. Meskipun semua campuran ini secara teknis dikenal sebagai vitamin B₆, istilah Vitamin B₆ pada umumnya digunakan untuk satu jenis vitamin yaitu piridoksin.



Gambar 8.29. Struktur Vitamin B₆

Piridoksin hidroklorida adalah bentuk sintetik yang digunakan sebagai obat. Dalam keadaan difosforilasi, vitamin B₆ berperan sebagai koenzim berupa piridoksal fosfat (PLP) dan piridoksamin fosfat (PMP) dalam berbagai reaksi transaminasi. Disamping itu PLP berperan dalam reaksi lain (Amatsier, 2004). Vitamin B₆ terdapat dalam jaringan hewan dalam bentuk piridoksal dan piridoksamina atau sebagai fosfatnya. Piridoksin terdapat dalam produk tumbuhan (deMan, 1999).

b. Kebutuhan dan Defisiensi Vitamin B₆

Kekurangan vitamin B₆ jarang terjadi dan bila terjadi biasanya secara bersamaan dengan kekurangan beberapa jenis vitamin B-kompleks lain. Kekurangan bisa terjadi karena obat- obatan tertentu, kecanduan alkohol, kelainan kongenital, penyakit kronik tertentu dan gangguan absorpsi. Kekurangan vitamin B₆ dapat menyertai kecanduan alkohol karena alkohol dan penyakit hati yang disebabkan alkoholl dapat mengganggu metabolisme vitamin B₆.

Gejala kekurangan vitamin ini biasanya berkaitan dengan gangguan metabolisme protein, seperti lemah, mudah tersinggung dan sukar tidur. Kekurangan lebih lanjut menyebabkan gangguan pertumbuhan, gangguan fungsi motorik dan kejang- kejang, anemia, penurunan pembentukan antibodi, peradangan lidah serta luka pada bibir, sudut-sudut mulut

dan kulit. Sedangkan kekurangan vitamin B₆ berat dapat menimbulkan kerusakan pada system saraf pusat, sebaliknya kelebihan dosis > 25 mg dapat menyebabkan kerusakan syaraf yang tidak dapat diperbaiki

c. Sifat Fisikokimia

Piridoksin merupakan kristal putih tidak berbau, larut air dan alkohol. Piridoksin tahan panas dalam keadaan asam, tidak begitu stabil dalam larutan alkali dan tidak tahan cahaya. Ketiga bentuk vitamin B₆ mengalami fosforilasi pada posisi-5 dan oksidasi hingga menjadi koenzim aktif piridoksal fosfat (Almatsier, 2004).

Piridoksin stabil terhadap panas dan basa kuat atau asam, juga peka terhadap cahaya, terutama sinar ultraviolet dan jika terdapat dalam larutan basa. Piridoksal dan piridoksamin dirusak dengan cepat jika kena udara, panas atau cahaya. Piridoksamin mudah rusak pada operasi pemrosesan makanan (deMan, 1999). Dalam larutan netral atau basa, ketiganya peka terhadap cahaya ultraviolet (Harris dan Karmas, 1999).

Vitamin B₆ berperan dalam bentuk fosforilasi PLP dan MP sebagai koenzim terutama dalam transaminasi, dekarboksilasi, dan reaksi lain yang berkaitan dengan metabolisme protein.

Dekarboksilasi yang bergantung pada PLP menghasilkan berbagai bentuk amin, seperti epinefrin, norepinefrin dan serotonin. PLP

juga berperan dalam pembentukan asam alfa-aminolevulinat, yaitu precursor hem dalam hemoglobin.

Disamping itu, PLP diperlukan untuk perubahan triptofan menjadi niasin. Sebagai koenzim untuk fosforilase, PLP membantu pelepasan glikogen dari hati dan otot sebagai glukosa-1-fosfat. PLP juga terlibat dalam perubahan asam linoleat menjadi asam arakidonat yang mempunyai fungsi biologik penting.

d. Pengaruh Pengolahan

Piridoksin mantap terhadap panas dalam larutan asam dan basa, namun peka terhadap cahaya pada pH $\geq 6,0$. Piridoksal, bentuk utama yang terdapat dalam susu dan makanan lain, tak mantap terhadap panas (Harris dan Karmas,). Pengaruh pemrosesan terhadap piridoksin dalam susu dan produk susu, tak ada kehilangan yang berarti sebagai akibat dari pasteurisasi, penghomogenan dan produksi susu kering. Akan tetapi, pensterilan secara panas dilaporkan mengakibatkan kehilangan yang mempunyai rentang dari 36 – 49 %. Kehilangan tidak hanya terjadi selama perlakuan menggunakan panas tetapi juga selama penyimpanan susu itu selanjutnya. Kehilangan pada penyimpanan ini disebabkan oleh pengubahan piridoksal menjadi piridoksamin dan karena perbedaan bentuk vitamin, diidentifikasi senyawa ini sebagai *bis-4*-piridoksal disulfide. Senyawa ini dibentuk oleh reaksi piridoksal

dan gugus sulfhidril aktif. Yang terakhir terbentuk selama perlakuan protein dengan panas.

Pengalengan makanan mengakibatkan kehilangan vitamin B₆ 20-30%. Penggilingan gandum dapat mengakibatkan kehilangan sampai 80-90%. Pemanggangan roti dapat menimbulkan kehilangan sampai 17 % (deMan, 1999).

e. Analisis

▪ Metode Kimia

- Tes Cyamida

Tes ini hanya dapat digunakan untuk garam vitamin B₆-metil-etil. Oleh karena itu, mula-mula vitamin B₆ harus dikonversi menjadi vitamin B₆-metil eter dengan diazo metana dan kemudian dikonversi lebih lanjut menjadi senyawa iodo-metil-piridinium atau senyawa-senyawa piridinium lain.

- Metode Ferri klorida

Tes ini sangat berguna untuk penentuan kadar vitamin B₆ pada sumber- sumber kaya vitamin tersebut. Vitamin B₆ akan membentuk warna coklat merah dengan ferri chlorida dan hasilnya dibandingkan dengan standar.

▪ Metode Biologi

Pada tes pertumbuhan khamir, Vitamin B₆ dapat menstimulir pertumbuhan

Sacharomices carlbergensis. Oleh karena itu analisis vitamin B6 berdasarkan pengeluaran kecepatan pertumbuhan khamir tersebut dapat dilakukan.

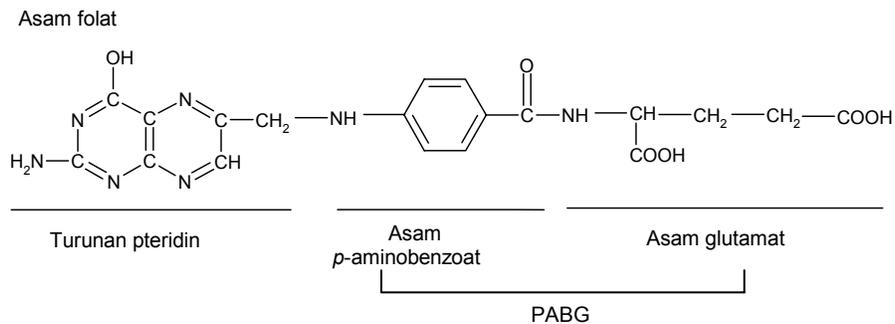
6. Asam Folat

a. Klasifikasi dan Struktur

Asam folat (*folid acid*) merupakan sederet senyawa berkaitan yang terdiri atas tiga bagian : pteridin, asam *para*-amino benzoat, dan asam glutamat atau tersusun dari

2-amino-4-hidroksi pteridin yang mengikat asam glutamat (PABG), gambar 8.30.

Dalam sistem biologis/hayati asam folat dapat berada dalam bentuk yang berbeda-beda. Bentuk yang tersebar di alam adalah asam glutamat yang dinamai asam pteroil glutamat (APG) atau konyugat dengan jumlah bagian asam glutamat yang beragam, seperti mono, tri- dan heptaglutamat. Bentuk ini tersedia dengan konsentrasi yang sangat kecil.



Gambar 8.30. Struktur asam folat

Asam folat disebut juga folasin ($C_{19}H_{19}N_7O_6$) sedangkan nama sebelumnya adalah antianemia, faktor U (unknown) yang diperlukan untuk pertumbuhan anak ayam, juga disebut Bc (antianemia untuk chick) atau M dan faktor *L.caseii*.

b. Kebutuhan dan Defisiensi Asam Folat

Vitamin ini terdapat dalam berbagai makanan, terutama dalam hati, ginjal, daging tanpa lemak, susu, keju, sayuran berdaun hijau tua, rumput-

rumpun, bunga kubis, kacang-kacangan, kecambah gandum dan khamir. Asam folat dapat diisolasi dari bayam dengan absorpsi menggunakan charcoal (arang aktif), pengendapan dengan garam-garam Pb atau Ag dan absorpsi secara kromatografi menggunakan "fuller's earth".

Asam folat merupakan vitamin yang dibutuhkan untuk pertumbuhan, reproduksi dan pencegahan anemia pada hewan dan dapat digunakan untuk penyembuhan beberapa jenis anemia pada manusia. Di samping

itu asam folat dapat menstimulir pertumbuhan tikus dan berbagai bakteri, antara lain *Streptococcus lactis*, *Lactobucillus delbruckii* dan *Lactobacillus caseii*.

Kebutuhan harian folat untuk orang dewasa diperkirakan sebesar 0,4 – 0,8 mg. Persediaan folat yang cukup dapat dipantau oleh tingkatan asam folat bebas dalam serum darah atau sel darah merah. Folat dalam serum normal, jika nilainya berkisar antara 5 – 20 ng/ml, kurang dari 5 ng/ml berarti berada pada tingkatan defisiensi. Kebutuhan tambahan folat selama hamil sebesar 0,4 mg/hari dan 0,2 mg/hari selama menyusui.

Kekurangan asam folat dapat terjadi pada wanita hamil yang hanya mengkonsumsi sedikit sayur-sayuran hijau dan tanaman polong yang banyak mengandung asam folat atau karena mengalami penyakit saluran pencernaan. Bayi dapat menderita kekurangan, bila kandungan folat dalam susu formulanya rendah. Kekurangan asam folat menyebabkan sejenis anemia dengan sel darah merah yang tidak cukup matang sebagaimana mestinya. Diagnosis kekurangan asam folat didasarkan pada ditemukannya anemia dengan sel darah merah yang berukuran besar dan ditemukannya kadar yang rendah dalam darah. Pemeriksaan sumsum tulang menunjukkan adanya prekursor sel darah merah imatur yang berukuran besar, yang akan memperkuat diagnosis. Pengobatan terhadap kekurangan asam folat adalah

dengan pemberian asam folat peroral (ditelan).

Kelebihan asam folat bisa menyebabkan keracunan, pada dosis lebih dari 100 kali dosis harian yang dianjurkan. Hal ini dapat meningkatkan frekwensi kejang pada penderita *epilepsi* dan memperburuk kerusakan saraf pada penderita kekurangan vitamin B12.

c. Sifat Fisikokimia

Kristal folasin berwarna kuning sampai kuning-oranye, tidak berasa dan tidak berbau. Sangat mudah larut dalam alkali encer dan sedikit larut dalam air (0,16 mg per 100 ml air pada 25° C; 1 g per 100 ml pada 100° C) dan tidak larut dalam alkohol, aseton, eter dan kloroform. Titik lebur pada 250° C dan BM -nya 441.40 dan mempunyai aktivitas optik pada $\{\alpha\} -25 = +2,3$.

Asam folat stabil dalam medium asam tetapi cepat dirusak dalam kondisi netral dan basa. Dalam larutan, vitamin mudah dirusak oleh cahaya. Asam folat stabil terhadap basa dalam kondisi anaerob, namun demikian hidrolisis masih dapat berlangsung dengan memecah rantai samping sehingga menghasilkan PABG dan asam pterin-6-karboksilat. Asam hidrolisis dibawah kondisi anaerob menghasilkan 6-metilpterin.

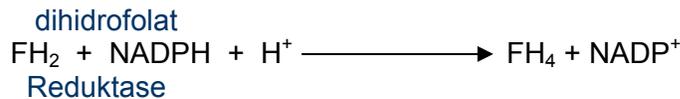
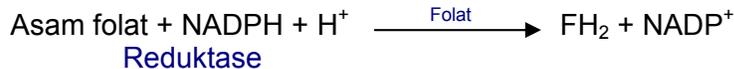
Turunan poliglutamat dari asam folat dapat dihidrolisa oleh basa pada kondisi tanpa udara menghasilkan asam folat dan asam glutamat. Reaksi-reaksi ini dikatalisis oleh riboflavin dan FMN

(flavin mononukleotida). Hanya asam folat dan turunan poliglutamat yang mempunyai aktivitas vitamin.

Asam folat tidak mempunyai aktivitas koenzim tetapi molekulnya tereduksi secara enzimatik. Enzim folat reduktase mereduksi asam

folat menjadi asam dihidrofolat (FH_2), kemudian FH_2 direduksi oleh FH_2 reduktase menghasilkan tetrahidrofolat (FH_4), yang merupakan bentuk koenzim aktifnya.

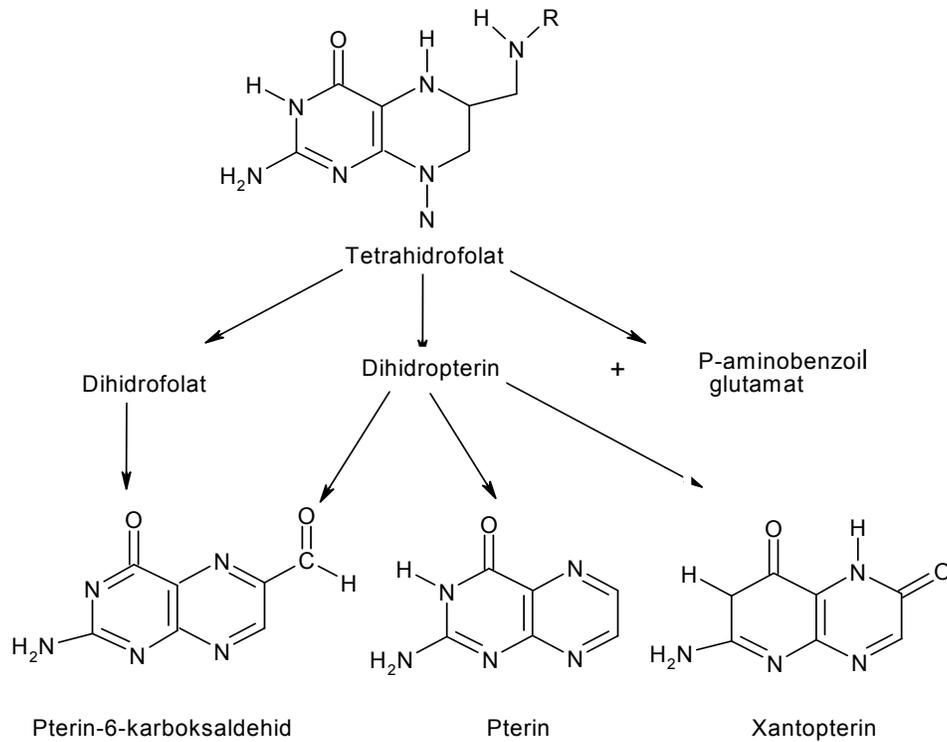
Koenzim folat berperan dalam reaksi-reaksi biokimia



Peran utama FH_4 adalah sebagai pembawa sementara gugus 1-karbon di dalam sejumlah reaksi kompleks enzimatik. FH_4 juga berperan dalam banyak reaksi penting dalam tubuh berdasarkan fungsinya baik sebagai sumber atom hidrogen maupun sumber atom karbon dalam sintesis gugus CH_3 dan menghasilkan FH_2 . Asam folat yang berada dalam bentuk yang lebih aktif dari pada APG disebut asam folinat atau faktor sitrovorum berupa N5-formil-5,6,7,8-tetrahidro APG.

FH_2 dan FH_4 sangat mudah teroksidasi oleh udara, dalam larutan netral FH_4 teroksidasi

dengan cepat menghasilkan APG pterin, xantopterin, 6-metil pterin dan senyawa pterin lainnya seperti asam folat. Oksidasi udara terhadap FH_4 dapat dikurangi dengan adanya tiol, sistein atau asam askorbat. FH_2 bersifat lebih stabil daripada FH_4 tetapi masih dapat teroksidasi. FH_2 teroksidasi lebih cepat dalam larutan asam dari pada basa, menghasilkan PABG dan 7,8-dihidropterin-6-karboksaldehida. Disinipun senyawa tiol dan asam askorbat dapat menghambat oksidasi (gambar 8.31).



Gambar 8.31. Mekanisme pembentukan FH₂ dan Pterin dari FH₄

d. Pengaruh Pengolahan

Dari studi tentang penyimpanan dan pengolahan susu menunjukkan bahwa yang utama berperan dalam proses inaktivasi adalah yang bersifat oksidatif. Kerusakan folat paralel dengan askorbat, dan penambahan askorbat dapat menstabilkan folat. Kedua vitamin ini akan bertambah stabilitasnya dengan adanya deoksigenasi susu, tetapi keduanya akan menurun setelah 14 hari dalam penyimpanan pada suhu 15-19⁰ C.

Beberapa hasil penelitian menunjukkan bahwa kerusakan dan atau kehilangan asam folat dalam bahan pangan bervariasi, dan biasanya disebabkan oleh antara lain; pencucian, perendaman, perebusan, pengalengan, pengorengan dan blansir dengan air panas serta cara pengolahan yang lain. Berikut ini disajikan kehilangan folat dalam berbagai pengolahan sumber-sumber folat.

Tabel 8.14. Kehilangan folat pada berbagai pengolahan sumber-sumber folat.

Produk Makanan	Cara Pengolahan	Kehilangan Aktivitas Asam Folat (%)
Telur	Penggorengan	18-24
	Perebusan	
Sourkrant	Fermentasi	Tidak ada
Hati	Pemasakan	Tidak ada
Ikan Pecak	Pemasakan	46
Kembang kol Wortel	Perebusan	69
Daging	Perebusan	79
Sari buah jeruk	Radiasi - γ	Tidak ada
	Pengalengan dan penyimpanan	Dapat diabaikan
Sari buah tomat:	Pengalengan	70
- Yugoslavia	Pengalengan	50
- Amerika	Penyimpanan dalam gelap (1 tahun)	7
	Penyimpanan dalam terang (1 tahun)	30
Tepung	Penggilingan	20 – 80
Daging atau sayur rebus	Pengalengan dan penyimpanan (1½ tahun)	Diabaikan
	Pengalengan dan penyimpanan (3 tahun)	Diabaikan

Sumber : Malin dalam Fennema, 1985

Pasteurisasi dan pensterilan susu hanya menyebabkan kehilangan sedikit atau tanpa kehilangan, tetapi susu kering diikuti dengan pensterilan seperti yang dapat terjadi pada susu bayi dan menyebabkan kehilangan folat yang berarti.

e. Metode Analisis

Kandungan asam folat di dalam bahan pangan umumnya dianalisis secara mikrobiologis. Pengujian secara mikrobiologi disajikan sebagai suatu metode tradisional dari analisis asam folat dan didasarkan pada kebutuhan

makanan dari mikroorganisme (*Lactobacillus caseii*, *Pediococcus cerevisiae*, and *Streptococcus faecalis*).

Asam folat diekstrak dari sampel yaitu dengan cara mensuspensikan sampel ke dalam buffer fosfat-askorbat. Asam askorbat dilarutkan dalam akuades. Campuran di autoklaf pada suhu 121 °C selama 15 menit setelah dingin diberi enzim "Bactochicken pancreas". Enzim ini dihilangkan setelah hidrolisa selesai, lalu ditambahkan toluen. Campuran diinkubasi pada suhu 37° C selama 24 jam, lalu di autoklaf selama 3 menit pada 121°C,

didinginkan dan disaring. Filtratnya diencerkan dengan buffer askorbat sampai memperoleh konsentrasi 0,5-2,0 mg asam folat per ml. Pada uji ini digunakan mikroba *Streptococcus faecalis*, sedangkan untuk standar digunakan larutan asam folat yang diperoleh dengan melarutkan kristal APG dalam etanol 20% dalam air.

Dalam jumlah yang lebih besar pengukuran dilakukan dengan huorometri dan kromatografi. Dalam larutan murni folat diukur dengan menggunakan spektrofotometer -UV, dan secara polografi.

7. Asam Pantotenat

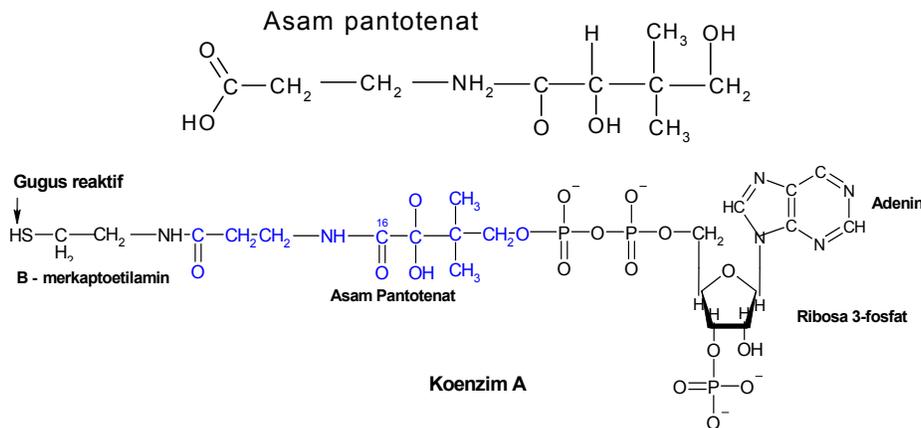
a. Klasifikasi dan Struktur

Asam pantotenat sering disingkat pantoten, berasal dari bahasa Yunani kuno yang berarti "di mana-mana". Asam pantotenat (C₉H₁₇O₅N), secara kimiawi diberi nama D(+)-N-(2,4-dihidroksi-3,3 -dimetil-butiril)-β- alanin (atau disebut juga vitamin B₅). Vitamin ini disebut juga faktor anti dermatosis anak ayam, faktor anti uban, faktor anti pellagra anak

ayam dan faktor filtrat (filtrat hati, khamir dan ekstrak hati).

Asam pantotenat mula-mula diisolasi oleh Robert William pada tahun 1938 dari khamir dan ekstrak hati. Pada tahun 1950 setelah diisolasi fungsi keenzimannya, Fritz Lipmann dan Nathan Kaplan menemukan kofaktor tahan panas yang penting untuk melangsungkan asetilasi enzimatik alkohol atau amin yang bergabung pada ATP. Pada pemurnian dan analisis faktor ini disebut koenzim A (KoA atau KoA-SH, untuk asetilasi) koenzim A mengandung asam pantotenat dalam bentuk terikat (gambar 3). Sebagai koenzim A asam pantotenat terlibat dalam metabolisme karbohidrat, lemak dan protein, khususnya dalam produksi energi. Asam pantotenat juga terlibat dalam metabolisme asam lemak dan lipida lain. Koenzim A merupakan pembawa sementara gugus asil.

Molekul koenzim A mengandung gugus tiol (-SH) yang reaktif, tempat gugus asil berikatan secara kovalen membentuk tioester selama reaksi pemindahan gugus asil.



Gambar 8.32. Struktur asam pantotenat dan koenzim A

b. Kebutuhan dan Defisiensi Asam Pantotenat

Asam pantotenat terdapat pada semua sel dan jaringan makhluk hidup, karena itu terdapat dalam kebanyakan produk makanan. Sumber makanan yang baik termasuk daging, hati, ginjal, buah, sayur, susu, kuning telur, ragi, butir utuh sereal, dan buah batu. Dalam produk hewan sebagian besar asam pantotenat terdapat dalam bentuk terikat, tetapi dalam susu hanya sekitar seperempat dari vitamin yang terikat.

Kebutuhan harian pantotenat untuk orang dewasa adalah 6 – 8 mg. Konsentrasi dalam darah 10 – 40 $\mu\text{g}/100\text{ ml}$ dan 2,7 mg/hari yang dikeluarkan melalui urin.

Kekurangan asam pantotenat memberikan gejala kehilangan selera makan, tidak dapat melaksanakan pencernaan makanan dengan baik, depresi mental, insomnia, mudah terjadi infeksi saluran pernapasan, yang sering ditandai dengan muntah-muntah, tremor, iritasi dan "burning feet syndrome"

c. Sifat Fisikokimia

Asam pantotenat merupakan cairan kental berwarna kuning, larut dalam air, etanol, etil asetat, dioksan, asam asetat glasial, agak larut dalam eter dan amil alkohol, srt a tidak larut dalam benzen dan khloroform.

Asam pantotenat sangat stabil pada kisaran pH 4-7. Di atas dan dibawah kisaran pH tersebut asam pantotenat dapat terhidrolisis menjadi bentuk-bentuk yang tidak aktif. Hidrolisis alkalin menghasilkan β -alanin dan asam pantoat, sebaliknya hidrolisis asam menghasilkan lactona- γ pada asam pantoat.

Asam pantotenat dan garam-garam anorganiknya dalam bentuk larutan bersifat labil terhadap panas, terutama dengan adanya alkali dan asam kuat, tetapi larutan D-pantotenol dalam air lebih stabil. Karena sifatnya yang larut dalm air maka akan terjadi kehilangan besar pada saat pencucian dan *dripping* pada defrosing makanan beku terutama daging.

d. Pengaruh pengolahan

Pada umumnya asam pantotenat mempunyai stabilitas yang baik, dan seperti halnya riboflavin dan niasin sebagian besar kehilangan disebabkan karena menetes keluar bersama air. Kehilangan atau kerusakan asam pantotenat pada produk makanan hewani maupun nabati dapat terjadi pada proses pengalengan dan ataupun pembekuan, yaitu antara lain karena pencucian, blanching, pengukusan dan atau pemasakan. Kehilangan dapat pula terjadi pada proses pembekuan, pasteurisasi dan pada saat penyimpanan. Kehilangan pantotenat yang tinggi terutama karena pencucian, pemasakan dan blanching, sedangkan pada pengukusan, penyimpanan dan pasteurisasi hanya terjadi kehilangan pantotenat dalam jumlah yang rendah.

e. Metode Analisis

Asam pantotenat di dalam makanan dapat diuji mikrobiologis yang menggunakan *Lactobacillus plantarum* atau melalui uji radioimun. Faktor penentu yang berpengaruh terhadap validitas dari analisis asam pantotenat adalah perlakuan awal yang dibutuhkan untuk melepaskan bentuk-bentuk ikatan dari vitamin.

Metode *L. Plantarum* hanya dapat mengukur asam pantotenat bebas. Untuk mengukur total pantotenat, asam pantotenat yang terikat harus dibebaskan lebih dulu dengan menggunakan enzim papain dan diastase.

Cara analisis pantotenat lain ialah dengan menggunakan khamir. Dengan metode ini sejumlah 0,0005 asam pantotenat per medium dapat ditentukan secara kuantitatif.

Disamping itu pantotenat dapat juga diuji dengan menggunakan metode biologi yang menggunakan hewan percobaan (anak ayam dan tikus). Metode lainnya adalah metode kimia (termasuk kromatografi). Metode kimia untuk asam pantotenat menyangkut hidrolisis atau redoksi dengan mengukur salah satu hasil degradasinya terutama β -alanin atau asam pantoat (2,4 – dihidroksi – 3,3- dimetil asam butirat).

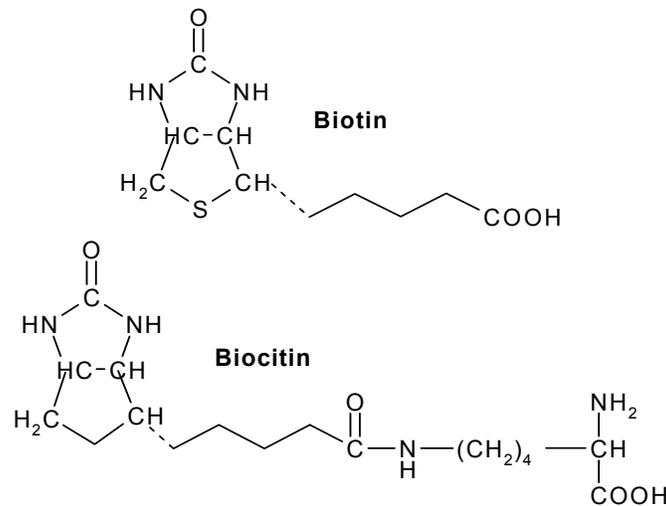
8. Biotin

a. Klasifikasi dan Struktur

Biotin terdiri atas dua cincin siklik yang dibentuk dari urea dan cincin tiopen. Strukturnya mengandung tiga atom karbon asimetrik (gambar 8.33.), dan ada delapan stereoisomer yang mungkin terbentuk, dan hanya D - biotin yang terdapat di alam dan mempunyai aktifitas vitamin.

Biotin dikenal juga sebagai vitamin H. Nama lainnya adalah Bios II, faktor X, koenzim R, Bios II B, faktor anti “egg-white-injury”, faktor W, vitamin Bw dan faktor S. secara kimia biotin disebut juga cis-tetrahidro-2-2oxotieno 3-4-d-imidazolin-4-asam valerat atau $C_{10}H_{16}N_2O_3S$.

Terdapat dua bentuk yang terjadi secara alami yaitu D-Biotin bebas dan biositin atau ϵ -N-biotinil-L-Lysin (gambar 8.33). Biositin berfungsi sebagai bentuk koenzim yang berasal dari residu lisin biotinilasi yang secara kovalen berikatan dalam gugus protein dari reaksi karboksilasi.



Gambar 8.33. Struktur biotin dan biocytin

b. Kebutuhan dan Defisiensi Biotin

Kekurangan vitamin ini jarang terjadi. Sebagian besar kekurangan biotin hanya terjadi pada manusia yang terlalu banyak mengkonsumsi albumen. Pasokan biotin manusia hanya sebagian saja berasal dari makanan.

c. Sifat Fisikokimia

D-biotin merupakan kristal bubuk berwarna putih atau kristal berbentuk jarum tidak berwarna. Vitamin ini sedikit larut dalam air (sekitar 22 mg per 100 ml pada 25 °C) dan larut dalam alkohol, alkali encer dan air panas, agak larut dalam asam encer dan tidak larut dalam kloroform, eter dan petroleum eter. Biotin murni stabil terhadap panas, cahaya, udara dan asam lemah serta kondisi netral (pH optimum 5-8). Pada kondisi pH yang sangat tinggi atau rendah menyebabkan biotin mengalami degradasi. Larutan alkalin dari biotin dapat bertahan sampai pH 9.

Biotin dalam putih telur terikat sangat kuat dengan avidin protein kompleks. Avidin terdenaturasi oleh panas, sehingga reaksi dapat dihilangkan jika telur dimasak.

Oksidasi terhadap biotin dengan permanganat atau hidrogen peroksida di dalam asam asetat menghasilkan sulfon. Asam nitrit dapat menghilangkan aktivitas biologi biotin yang kiranya dapat membentuk suatu turunan nitros urea. Formaldehid juga menginaktifkan vitamin.

Vitamin ini merupakan koenzim untuk reaksi karboksilasi. Biotin berperan sebagai pembawa gugus karboksi (-COO⁻) pada sejumlah reaksi karboksilasi enzimatik yang memerlukan ATP. Beberapa reaksi karboksilasi tersebut antara lain : reaksi karboksilasi (dari asam piruvat menjadi asam oksaloasetat dalam siklus krebs) dan reaksi transkarboksilasi, dari asetil Co-A menjadi malonil Co-A .

Biotin sangat diperlukan dalam biosintesis asam lemak dan dalam glukoneogenesis.

d. Pengaruh Pengolahan

Biotin mempunyai stabilitas yang baik selama pengolahan. Perlakuan panas hanya menyebabkan kehilangan yang relatif kecil. Pada produksi susu yang diuapkan dan dikeringkan, kehilangan biotin tidak mencapai 15 %. Selama pengolahan kedelai menjadi tepung dan konsentrat protein tidak ditemukan kehilangan biotin, tetapi pada pembuatan isolat protein kedelai diperoleh susut biotin sebanyak 80 %. Pada pengalengan beberapa sayuran dan biji-bijian, kehilangan vitamin ini relatif besar.

Tabel 8.15. Kehilangan biotin pada pengalengan beberapa produk pertanian

Produk	% Kehilangan biotin
Wortel	40
Jamur	54,4
Bayam	66,7
Tomat	55,0
Jagung	63,3
Kacang Kapri	77,7

Sumber: Kimia Vitamin, Nuri Andarwulan, 1989

e. Metode Analisis

Pengukuran kadar biotin dalam pangan dilakukan dengan uji mikrobiologis, yaitu dengan menggunakan bakteri seperti *Lactobacillus plantarum*,

Sacharomyces cereviceae, *Staphylococcus aueus*, *lostridium butylicum* dan *Lactobacillus arabinosus*. Yaitu dengan menambahkan d-biotin murni pada kultur medianya (yang biasa digunakan adalah *L. Plantarum*). Secara teknis penggunaan mikroba ini lebih sederhana dan lebih singkat. Tetapi mikroorganisme hanya dapat menentukan kadar biotin bebas dan biotin terikat (biotin total). Disamping itu kadar biotin dapat juga diukur melalui metode sebagai berikut :

- Metode tikus percobaan
Metode ini diujicobakan pada tikus putih jantan. Tikus diberi ransum seimbang dengan satu-satunya protein yaitu putih telur. Putih telur diberikan dalam jumlah yang besar dan waktu yang dibutuhkan untuk gejala-gejala kelainan kulit yang pertama sebanding dengan kadar biotin dalam ransum. Penentuan jumlah biotin yang dibutuhkan untuk menghilangkan gejala-gejala tersebut dengan menggunakan standar d-biotin murni. Disamping pengujian yang menyangkut timbulnya "egg-white injury", dapat juga dilakukan dengan mengukur pertumbuhan tikus.
- Metode anak ayam
Pengukuran kadar biotin dapat dilakukan berdasarkan pertumbuhan anak ayam, hal ini disebabkan karena anak ayam sangat membutuhkan biotin untuk pertumbuhannya.

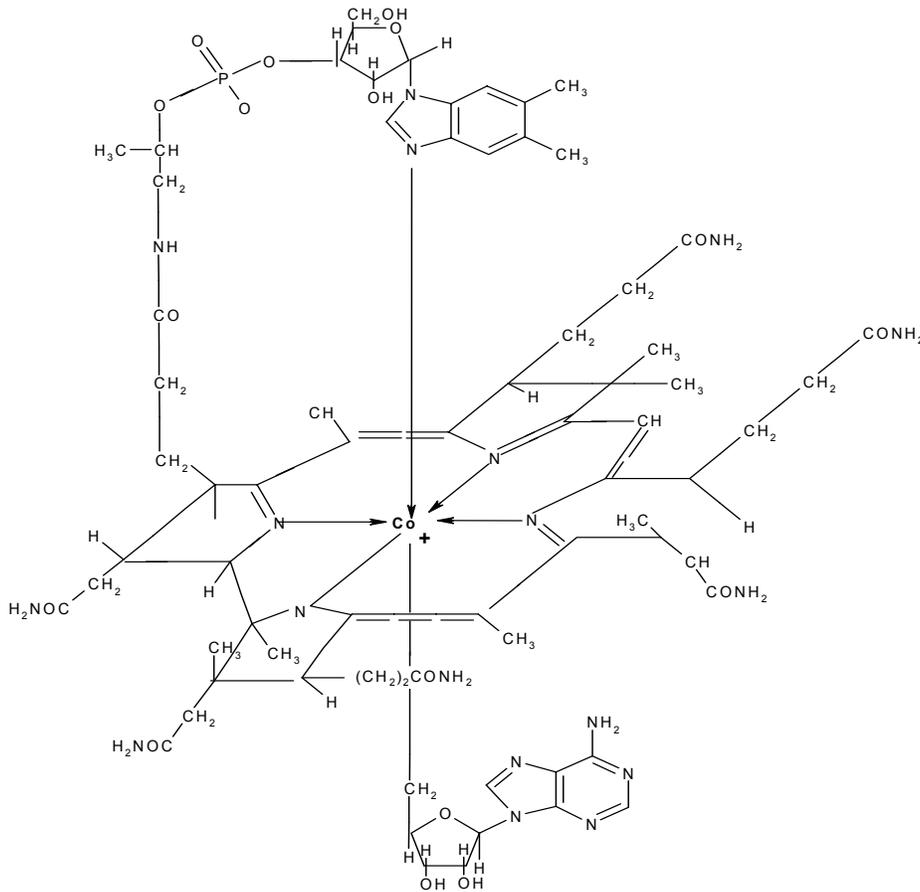
Karena biotin murni tersedia dalam bentuk sintetik, maka hasil analisis biasanya dinyatakan dalam berat d-biotin murni per berat sampel.

9. Vitamin B12 (Sianokobalamin)

a. Klasifikasi dan Struktur

Vitamin ini memiliki struktur yang lebih kompleks, dengan dua komponen khas. Dalam bagian nukleotida, 5,6-dimetilbensimidazol berikatan dengan D-ribose melalui ikatan α -glikosidik.

Ribosa mengandung gugus fosfat pada posisi 3'. Bagian pusat cincin adalah suatu sistem cincin "corrin", yang mengandung porfirin. Empat koordinat untuk atom nitrogen dari cincin corrin adalah suatu atom kobal sehingga vitamin ini disebut juga kobalamin. Pada bentuk yang biasa diisolasi, enam posisi koordinat dari atom kobal II ditempati oleh sianida (sianokobalamin). Pada koenzim aktif, keenam koordinat mengikat 5-dioksidanosin melalui gugus metil (gambar 8.34).



Gambar 8.34. Struktur Vitamin B12

b. Kebutuhan dan Defisiensi Vitamin B12

Vitamin B12 banyak ditemukan pada jaringan hewan tetapi hampir tidak ada pada jaringan tumbuhan. Sumber vitamin dari makanan yang penting ialah produk hewan. Sumber yang baik adalah daging kurus tanpa lemak, hati, ginjal, ikan, kerang dan susu (tabel 24) dan pada biji/buah atau sayuran yang terkontaminasi oleh feses serangga. Dalam susu vitamin terdapat sebagai kobalamin yang terikat pada protein.

Vitamin B12 diperlukan untuk fungsi sel tubuh yang normal, termasuk otak dan sel syaraf. Kobalamin berhubungan dengan produksi sel darah merah. Defisiensi dari vitamin ini akan menimbulkan *Anemia Pernisiosa*

c. Sifat Fisikokimia

Sianokobalamin adalah kristal higroskopis yang berwarna merah gelap, dengan rumus empirik $C_{63}H_{88}N_{14}O_{14}Pco$. Sianokobalamin bersifat basa, berbau busuk, rasanya tawar yang larut dalam air. Juga larut dalam alkohol dan fenol tapi tidak larut dalam aseton, kloroform dan eter.

Gugus sianida dari sianokobalamin dapat diganti oleh ion-ion lain menjadi bentuk hidroskobalamin, klorokobalamin, nitrokobalamin, tiosianakobalamin dan lainnya.

Sianokobalamin stabil dalam udara dan dalam udara kering dan relatif stabil pada suhu $100^{\circ}C$ selama Terkena sinar ultraviolet atau sinar tampak yang intensitasnya tinggi. Stabil pada kisaran pH 4 –6. Pada

kisaran ini hanya sedikit kehilangan yang ditemukan setelah diautoklaf. Pereduksi seperti tiol dalam konsentrasi yang rendah dapat melindungi vitamin ini tetapi dalam jumlah yang lebih besar dapat menyebabkan kerusakan. Asam askorbat dan sulfit dapat merusak vitamin B12. Kombinasi dari tiamin dan asam nikotinat secara perlahan dapat pula merusak vitamin B12 dalam larutan, meskipun tidak pernah berbahaya bagi keduanya. Besi melindungi vitamin dari kedua senyawa tersebut dengan cara bergabung dengan hidrogen sulfit, senyawa perusak dari tiamin.

d. Pengaruh Pengolahan

Vitamin B12 tidak dirusak oleh pemasakan kecuali kalau dididihkan dalam larutan basa. Dalam hati, 8% dari vitamin ini hilang oleh perebusan pada $100^{\circ}C$ selama 5 menit, sedangkan pendidihan otot daging pada $170^{\circ}C$ selama 45 menit mengakibatkan kehilangan sebesar 30%. Dalam pemanasan oven pada makanan beku, retensi vitamin B12 berkisar 79-100%, pada produk-produk ikan, ayam goreng, kalkun dan daging sapi.

e. Metode Analisa

Vitamin B12 dianalisis secara mikrobiologis dengan menggunakan *L. leichmannii* sebagai suatu uji organisme. Sebelum penyerapan, vitamin B12 diikat dengan mukoprotein dalam suatu getah lambung yang disebut faktor intrinsik. Protein di sekitar B12 dengan mudah dibebaskan oleh enzim pencernaan.

10. Bioflavonoid (Vitamin P)

a. Klasifikasi dan Nomenklatur

Bioflavonoid adalah sahabat asam askorbat atau vitamin C pada makanan alami. Bioflavonoid memperkuat aksi vitamin C. Keduanya termasuk vitamin yang larut dalam air dan secara alami banyak terdapat pada jenis makanan yang sama. Artinya, flavonoid dan vitamin C selalu bersama-sama dalam makanan. Vitamin ini ditemukan ilmuwan Rusia, Dr. Albert Szent-Györgyi, (1936) dalam selaput putih di bagian dalam buah sitrus (jeruk). Huruf P berasal dari kata *permeability*, faktor unggulan flavonoid seperti vitamin C, flavonoid mudah diserap dari dalam usus. Oleh badan Committee on Nomenclature of American Society of Biological Chemistry dan American Institute of Nutrition (1950) namanya diubah menjadi *bioflavonoid* atau biasa dinyatakan dengan *anti-hemorrhage* (pendarahan)

b. Kebutuhan dan Defisiensi Vitamin P

Sebagaimana vitamin C, sumber utama flavonoid adalah kelompok buah sitrus (jeruk) termasuk lemon, limau, jeruk nipis, grapefruit, jeruk bali dan sebagainya. Jenis buah lain seperti pepaya, cherry, anggur, apricot, plum, blackberry, juga termasuk sumber vitamin P. Sedangkan dalam kelompok sayuran adalah paprika hijau, daun selada brokoli, tomat, bawang merah dan bawang putih

Fungsi dan kegunaan flavonoid untuk meningkatkan ketahanan selaput pembuluh darah atau kapiler dan mengatur kemampuan daya serapnya, meningkatkan penyerapan vitamin C dan melindungi molekul-molekul vitamin C dari oksidasi. Sehingga secara tidak langsung berperan dalam menjaga kesehatan kolagen. Flavonoid sendiri sering digunakan untuk memperbaiki ketahanan kapiler pada kasus pendarahan gusi, sariawan dengan pendarahan pada usus duabelas jari dan kulit mudah memar. Juga digunakan untuk masalah asma, alergi, bursitis dan artitis, gangguan mata pada diabetes dan mencegah kerusakan sel-sel dari efek radiasi. Juga mampu mencegah terjadinya kanker.

Kebutuhan bioflavonoid khususnya rutin dan hesperidin per hari berbeda menurut golongan umur. Wanita hamil dan menyusui lebih membutuhkan vitamin ini dalam jumlah yang besar dibandingkan dengan bayi ataupun anak di usia pertumbuhan. Untuk terapi kisaran yang dianjurkan menurut RDA adalah 50 – 500 mg per hari.

Kekurangan flavonoid cenderung meningkatkan resiko mudah memar juga berkurangnya daya tahan tubuh terhadap infeksi atau peradangan pada artitis.

c. Sifat Fisikokimia

Bioflavonoid diekstrak dari *Capsicum anuum* serta *Citrus limon*. Citrin dan glycosidelain sebagai anthoxanthin) mempunyai

aktivitas vitamin P. Secara kimiawi disebut flavonoid. Sitrin dan lemon merupakan campuran dari dua flavonone, glukosida dan hesperidin dan eriodictin. Bioflavonoid yang terdapat dalam alam adalah rutin dan quercetin.

D. Bahan Mirip Vitamin dan Kelompok Vitamin Baru

1. Bahan- bahan Mirip Vitamin

Beberapa faktor makanan mempunyai karakteristik vitamin, namun tidak diklasifikasikan sebagai vitamin. Ada yang dapat disintesis dalam batas-batas tertentu oleh tubuh, tapi dalam keadaan stres dibutuhkan dalam bentuk suplemen. Ada pula yang terdapat di dalam tubuh tetapi belum diketahui kegunaannya.

a. Kolin

Kolin merupakan komponen fosfolipida, yaitu lesitin, spingomielin dan asetilkolin. Lesitin dan spingomielin merupakan bagian membran sel. Asetilkolin berfungsi sebagai pengantar saraf. Kolin pada umumnya dimakan sebagai lesitin (95% lesitin merupakan fosfatidilkolin). Percobaan pada manusia menunjukkan bahwa kekurangan kolin secara kronis mempengaruhi ingatan.

Kebutuhan kolin tinggi pada pertumbuhan dan mungkin melebihi kemampuan bayi untuk mensintesisnya. Di Amerika Serikat ada ketentuan agar formula bayi mengandung kolin sebanyak 7 mg/100 kkal, jumlah yang terdapat

di dalam ASI. Angka kecukupan kolin sehari belum diketahui dan akibat kelebihan juga belum diketahui.

Sumber

Kolin bebas terdapat dalam hati, kacang kedelai, havermout, kembang kol dan kol. Telur, hati, kacang kedelai, dan kacang tanah juga merupakan sumber fosfatidilkolin.

b. Mio-inositol

Inositol terdapat dalam buah-buahan, sereal, sayuran, kacang-kacangan, hati, dan jantung. Dalam susunan makanan rata-rata biasa didapat cukup dalam bentuk fosfolipida inositol dan sebagai asam fitat (inositol heksafosfat). Asam fitat mengganggu absorpsi kalsium, besi, dan seng.

Sumber

Inositol terdapat dalam buah-buahan, sereal, sayuran, kacang-kacangan, hati, dan jantung. Dalam susunan makanan rata-rata biasa didapat cukup dalam bentuk fosfolipida inositol dan sebagai asam fitat (inositol heksafosfat). Asam fitat mengganggu absorpsi kalsium, besi, dan seng.

Fungsi

Mio-inositol adalah satu-satunya dari sembilan isomer inositol yang mempunyai arti biologik, Mio-inositol merupakan senyawa siklik dengan enam karbon dan enam gugus hidroksil dengan struktur

menyerupai glukosa. Mio-inositol terdapat di dalam jaringan hewan sebagai komponen fosfolipida, terutama di dalam otak, cairan serebrospinal dan juga di dalam otot dan jantung serta jaringan lain. Inositol bebas terutama terdapat dalam alat reproduksi laki-laki terutama dalam semen.

Peranan faalnya berkaitan dengan kehadirannya dalam fosfatidilinositol yang berarti dengan fungsi fosfolipida dalam membran sel. Fungsinya termasuk mengatur respon sel terhadap rangsangan luar, transmisi saraf dan pengaturan aktivitas enzim. Melalui peranannya dalam sintesis fosfolipida yang mempengaruhi fungsi lipoprotein, mio-inositol mempunyai aktifitas lipotropik. Metabolisme inositol dipengaruhi oleh kolin dalam makanan, jumlah dan tingkat kejenuhan lemak makanan dan komposisi asam lemak.

Akibat Kekurangan dan Kelebihan

Akibat kekurangan mio-inositol belum begitu jelas. Kekurangan pada manusia belum ditemukan, kemungkinan karena keberadaannya yang luas dalam makanan. Karena kekurangannya di dalam formula nonsusu sapi, Akademi Pediatri Amerika Serikat menganjurkan agar mio-inositol ditambahkan pada formula nonsusu sapi sebagai usaha pencegahan. Akibat kelebihannya belum diketahui.

2. Kelompok Vitamin Baru

a. Vitamin U

Vitamin U ditemukan dalam kubis mentah dan diperkirakan dapat membantu penyembuhan borok kulit dan borok pada saluran pencernaan. Tidak banyak informasi lain yang tersedia. Dosis dan toksik belum ditemukan. Dosis yang digunakan, dianjurkan berdasarkan aturan RDA, tetapi perlu disadari bahwa dosis ini adalah jumlah minimum yang diperlukan per hari, untuk menghindari kekurangan yang serius dari defisiensi bahan gizi ini. Di dalam penggunaan untuk tujuan mengobati, dilakukan peningkatan dosis pada umumnya.

b. Vitamin T

Vitamin T, ditemukan di biji wijen dan kuning telur. Hanya sedikit informasi yang diketahui mengenai vitamin ini. Fungsi vitamin ini adalah untuk memperkuat sel darah merah. Dosis dan toksisitas vitamin ini belum diketahui.

c. Vitamin B17- laetrile, amygdaline

Laetrile, amygdalin adalah senyawa penyusun vitamin ini, Meskipun diberi nama vitamin B 17, kebenarannya masih diragukan, Hal ini juga disebabkan masih minimnya informasi yang tersedia. Vitamin jenis ini diketahui memiliki bahan yang dapat menghambat pertumbuhan kanker. Di kebanyakan negara penjualan vitamin ini masih termasuk illegal. Bagaimanapun Laetrile dapat

membantu menurunkan tekanan darah dan penyakit yang berhubungan dengan arthritis. Dilain pihak Laetrile mengandung cyanide, yang dapat menunjukkan tanda- tanda keracunan, meliputi sakit kepala, tekanan darah rendah dan "nausea". Vitamin jenis ini banyak terdapat pada apricot kernel, dan sedikit pada stone fruit kernel lainnya. Juga bisa ditemukan pada biji yang berkecambah.

d. Vitamin B15 – asam pangamic

Asam pangamic, juga disebut vitamin B15, tidak termasuk kualifikasi yang penting bagi diet kita. Sampai benar- benar ada riset yang dapat dipertanggungjawabkan, kita harus berhati- hati mengkonsumsi suplemen yang mengandung asam pangamic, calcium pangamate, DMG or B15. Meskipun asam pangamic tidak beracun bila dimakan sebagai makanan normal, bahan aktif dalam asam pangamic, yang disebut dimethylglycine (DMG), bersifat karsinogenik. Sumber vitamin ini banyak terdapat pada beras merah, brewer's yeast, biji- bijian seperti biji bunga matahari dan labu.

e. Vitamin B13 – asam orotic

Asam orotic (vitamin B13) tidak benar- benar dikenali sebagai vitamin, dan dapat diproduksi oleh tubuh yaitu oleh "intestinal flora". Asam Orotic membantu produksi bahan genetik dan menguntungkan setelah terjadi serangan jantung. Juga digunakan

pada kondisi seperti *multiple sclerosis* and *chronic hepatitis*. Vitamin B13 bersifat stabil dan tidak mudah rusak oleh panas. Banyak terdapat pada sayuran ubi seperti wortel, bit dan juga terdapat pada cairan whey.

8.6. RANGKUMAN

PROTEIN

Protein "*protos*" (Yunani), senyawa organik kompleks berbobot molekul tinggi yang merupakan polimer dari monomer-monomer asam amino yang dihubungkan satu sama lain dengan ikatan peptida.

Protein berperan penting dalam struktur dan fungsi semua sel makhluk hidup dan virus, peran ini ditentukan oleh struktur protein, dimana terdiri dari empat macam struktur yaitu primer, sekunder, tersier, dan kuertener

Biosintesis protein alami sama dengan ekspresi genetik, mulai dari proses transkripsi DNA hingga pascatranslasi yang menghasilkan terbentuknya protein yang memiliki fungsi penuh secara biologi.

Asam amino merupakan penyusun protein melalui suatu ikatan polipeptida. Senyawa penyusun asam amino memiliki gugus fungsional karboksil (-COOH) dan amina (biasanya -NH₂), dimana gugus karboksil memberikan sifat asam dan gugus amina memberikan sifat basa.

Sumber protein pada makanan terbagi dalam dua kelompok yaitu hewani (berasal dari hewan) dan nabati (tumbuhan).

Protein berasal dari hewan memiliki semua asam amino esensial, hingga disebut protein lengkap, berbeda dengan sumber protein nabati yang merupakan protein tidak lengkap, senantiasa mempunyai kekurangan satu atau lebih asam amino esensial.

Proses pengolahan pangan seperti pemanasan maupun pembekuan dapat berpengaruh terhadap mutu protein

ENZIM

Enzim dihasilkan oleh sel-sel hidup, baik hewani maupun nabati. Selain itu enzim juga dikenal memiliki peran sebagai biokatalisator

Struktur enzim terdiri dari apoenzim dan koenzim. Setiap enzim memerlukan suhu dan pH (tingkat keasaman) optimum yang berbeda-beda

Enzim dapat menyebabkan perubahan dalam bahan pangan. Perubahan yang terjadi dapat berupa rasa, warna, bentuk, kalori, dan sifat-sifat lainnya.

MINERAL

Mineral merupakan bahan organik yang terdapat dalam di alam maupun dalam tubuh makhluk hidup. Tubuh memerlukan mineral dari luar karena fungsinya yang penting untuk kelangsungan proses metabolisme.

Mineral dibagi dalam 3 kelompok berdasarkan jumlah yang diperlukan oleh tubuh, yaitu *Makromineral*, *Mikromineral* dan *Ultrace mineral*. *Makromineral* terdapat baik pada bahan makanan sumber hewani maupun nabati, sedangkan *mikromineral* dan *ultrace mineral* sebagian besar terdapat pada bahan makanan sumber hewani.

Kekurangan mineral, kecuali zat besi dan yodium, jarang terjadi. Sedangkan kelebihan beberapa mineral bisa menyebabkan keracunan.

Mineral memiliki beberapa sifat spesifik, selain itu turut serta dalam berbagai proses biokimia penting dalam tubuh.

Mineral dapat berinteraksi dengan berbagainkomponen pangan, seperti dengan mineral lain, maupun komponen makanan lainnya

Kebutuhan setiap orang akan mineral bervariasi bergantung pada kondisinya. Suplementasi mineral dapat dikonsumsi bila kebutuhan dari makanan tidak dapat terpenuhi.

KOMPONEN BIOAKTIF

Komponen-komponen bioaktif dalam makanan dapat terbentuk secara alami atau terbentuk selama proses pengolahan makanan.

Komponen bioaktif ini meliputi senyawa yang berasal dari

karbohidrat, protein, lemak, dan komponen-komponen yang terdapat secara alami di dalam sayuran serta buah-buahan.

Komponen bioaktif di dalam sayur dan buah-buahan yang berpengaruh secara fisiologis disebut sebagai *phytochemicals*.

Komponen Bioaktif Turunan Protein, diantaranya adalah *Senyawa Amin*. Sebagian senyawa amin tersebut aktif secara fisiologis sehingga sering disebut amin bioaktif (*bioactive amine*).

Serat pangan adalah salah satu komponen bioaktif turunan karbohidrat disebut juga *dietary fiber*. sedangkan komponen bioaktif turunan lemak adalah lipida. Ada beberapa asam lemak dan senyawa lipida lain yang mendapat perhatian secara khusus karena mempunyai efek fisiologis yang positif maupun negatif terhadap kesehatan, yakni asam lemak essensial, omega-3, dan asam lemak tak jenuh isomer *trans* (*trans fatty acids* =TFA).

Komponen aktif yang terdapat pada bahan tanaman dikenal dengan istilah fitokimia. yang dapat memberikan fungsi-fungsi fisiologis untuk pencegahan penyakit. Berbagai jenis fitokimia diantaranya Karotenoid, Fitosterol, Saponin, Polifenol, Fitoestrogen, Sulfida, Monoterpen dan Protease Inhibitor sejenis tripsin.

PIGMEN

Pigmen atau zat warna/ pewarna pada makanan secara umum dapat dibagi menjadi tiga golongan, yaitu : zat warna alami, zat warna yang identik dengan zat warna alami, dan zat warna sintesis.

Makanan atau minuman dapat memiliki warna karena lima hal diantaranya pigmen, reaksi karamelisasi, reaksi maillard, reaksi senyawa organik dengan udara (oksidasi) dan penambahan zat warna, baik alami maupun sintetik.

Pigmen alami adalah zat warna yang diperoleh dari tumbuhan, hewan, atau dari sumber-sumber mineral. Jenis zat warna alami yang sering digunakan untuk pewarna makanan antara lain **Klorofil**, **Karotenoid**, *Lutein* dan *Zeaxanthin*, Flavonoid murni artinya tidak mengandung senyawa lain terdiri dari : antosianin yaitu pigmen yang berwarna merah, biru dan ungu, antoxantin yang memberikan warna kuning, dan tanin yang berwarna coklat.

Berdasarkan rumus kimianya, zat warna sintesis dalam makanan menurut "Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives" (JECFA) dapat digolongkan dalam beberapa kelas, yaitu : azo, triarilmetana, quinolin, xanten dan indigoid.

Pemakaian zat warna dalam industri pangan

Pewarna sintetis dipakai sangat luas dalam pembuatan berbagai macam makanan. Pemakaian zat warna oleh industri pangan biasanya tidak lebih dari 100 mg per kg produk.

FLAVOR (CITA RASA)

Flavor adalah keseluruhan sensasi yang diterima oleh indera manusia ketika produk pangan dikonsumsi. Beberapa faktor yang mempengaruhi rasa diantaranya senyawa kimia, suhu, konsentrasi, interaksi dengan komponen rasa lainnya.

Flavor pada makanan dapat berasal dari tiga sumber yaitu alami, flavor yang terbentuk dari prekursor yang ada dalam bahan dasar melalui reaksi kimia akibat pemasakan. Sumber terakhir adalah adanya penambahan dari luar, baik yang alami atau sintetis.

Ditinjau dari cara pembuatannya, secara umum flavor dibuat melalui tiga cara yaitu pencampuran bahan-bahan kimia, pembuatan senyawa-senyawa flavor dan pencampuran flavor alami

Dari segi asal-usul, *flavor* dibedakan menjadi *flavor natural/alami*, sintetis (buatan) dan *natur identical* (diolah dari bahan alami untuk menghasilkan *flavor* sintetis).

Beberapa penyebab perubahan flavor diantaranya adalah adanya

interaksi antar komponen, pemrosesan dari makanan/flavor atau bahan mentah, irradiasi, enzim dan mikroba, dan oksidasi udara.

Soal Latihan:

1. Sebutkan ada berapa tipe struktur protein, dan berikan penjelasan singkat mengenai perbedaan tipe struktur protein tersebut!!
2. Jelaskan secara singkat mengenai terjadinya sintesis protein!
3. Jelaskan mengenai pengelompokan asam amino berdasarkan kebutuhan tubuh Manusia !
4. Sebutkan darimana kita bisa mendapatkan sumber protein untuk memenuhi kebutuhan tubuh kita sehari-hari.
5. Dalam proses pengolahan pangan, perlakuan yang diberikan dapat menurunkan mutu protein. Jelaskan mengenai penurunan mutu protein yang diakibatkan adanya perlakuan panas.
6. Jelaskan secara singkat mengenai peran enzim sebagai biokatalisator!
7. Jelaskan mengenai kerja enzim yang bersifat spesifik!
8. Jelaskan secara singkat peran enzim dalam proses pengolahan pangan. Berikan salah satu contoh proses pengolahan yang memanfaatkan enzim !
9. Bagaimana komposisi mineral serta pembagiannya berdasar jumlah yang diperlukan dalam tubuh ?

10. Jelaskan fungsi-fungsi mineral pada tubuh !
11. Sebutkan interaksi mineral dengan komponen pangan beserta contoh !
12. Bagaimana akibat dari kekurangan / kelebihan mineral Ca dan Se ?
13. Jelaskan mengenai bioavailabilitas zat besi !
14. Apa yang disebut dengan komponen bioaktif serta pengaruhnya terhadap manusia ?
15. Bagaimana terjadinya keracunan amin toksis pada tubuh kita ?
16. Sebutkan efek fisiologis dari serat pangan !
17. Mengapa oligosakarida disebut sebagai prebiotik ?
18. Sebutkan peran fitokimia dalam fungsi-fungsi fisiologis tubuh !
19. Faktor-faktor apa sajakah yang menyebabkan adanya warna pada makanan dan minuman ? Jelaskan !
20. Apa kekurangan dari penggunaan pewarna alami dibandingkan pewarna sintetis ?
21. Sebutkan zat-zat warna alami yang sering digunakan pada makanan ?
22. Mengapa klorofil hijau daun mudah berubah menjadi coklat atau merah jika berinteraksi dengan asam ?
23. Bagaimana peranan FDA dalam mengatur penggunaan zat warna sintetis dalam makanan ?
24. Jelaskan terjadinya sensasi dari flavor terhadap panca indra kita !
25. Sebutkan faktor-faktor yang mempengaruhi flavor !
26. Sebut dan jelaskan beberapa faktor yang menyebabkan perubahan flavor !
27. Bagaimana pengaruh fermentasi kedelai terhadap warna dan rasa pada kecap ?

IX. BIOTEKNOLOGI INDUSTRI PANGAN

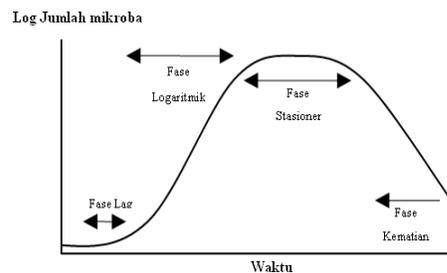
9.1. Fisiologi Sel Mikroba

Pertumbuhan dapat didefinisikan sebagai penambahan secara teratur semua komponen di dalam sel hidup. Pada organisme multi-seluler, pertumbuhan adalah peningkatan jumlah sel organisme dan perbesaran ukuran sel. Pada organisme uniseluler (bersel tunggal), pertumbuhan adalah penambahan jumlah sel yang berarti terjadi juga penambahan jumlah organisme, misalnya pertumbuhan yang terjadi pada suatu kultur jasad renik dari sedikit menjadi banyak. Umur sel ditentukan segera setelah proses pembelahan sel selesai, sedangkan umur kultur ditentukan dari waktu atau lama-nya inkubasi. Ukuran sel tergantung dari kecepatan pertumbuhannya. Semakin baik zat nutrisi di dalam sel semakin cepat pertumbuhan jumlah dan ukuran sel.

Pertumbuhan mikroba dalam bioreaktor terjadi secara pertumbuhan individu sel dan pertumbuhan populasi. Pertumbuhan individu sel meliputi peningkatan substansi dan komponen sel, peningkatan ukuran sel serta pembelahan sel. Pertumbuhan populasi meliputi peningkatan jumlah akibat

pembelahan sel dan peningkatan aktivitas sel yang melibatkan sintesis enzim.

Dalam pertumbuhan mikroba juga terjadi proses metabolik yaitu mulai dari transport nutrisi dari medium ke dalam sel, konversi bahan nutrisi menjadi energi dan konstituen sel, replikasi kromosom, peningkatan ukuran dan masa sel serta pembelahan sel secara biner yang terjadi pula pewarisan genetik (genom turunan) ke sel anakan



Gambar 9.1 Kurva Pertumbuhan Mikroba (Fardiaz, 1997)

Kurva di atas disebut sebagai kurva pertumbuhan mikroba. Ada empat fase pada pertumbuhan bakteri sebagaimana tampak pada kurva yaitu fase lambat (*lag phase*), fase eksponensial/logaritma (*exponential phase*), fase stationer/ tetap (*stationary phase*), dan fase kematian (*death phase*). Adapun ciri-ciri dari keempat fase seperti yang dijelaskan pada Tabel 9.1.

Tabel 9.1 Fase Pertumbuhan Mikroba

Fase Pertumbuhan	Ciri-ciri
Fase lambat (<i>lag phase</i>)	Tidak ada pertumbuhan populasi karena sel mengalami perubahan komposisi kimiawi dan ukuran serta bertambahnya substansi intraseluler sehingga siap untuk membelah diri.
Fase eksponensial/Logaritma (<i>exponential phase</i>)	Sel membelah diri dengan laju yang konstan, massa menjadi dua kali lipat,
Fase stasioner/tetap (<i>stationary phase</i>)	keadaan pertumbuhan seimbang. terjadinya penumpukan racun akibat metabolisme sel dan kandungan nutrisi mulai habis, akibatnya terjadi kompetisi nutrisi sehingga beberapa sel mati dan lainnya tetap tumbuh. Jumlah sel menjadi konstan.
Fase kematian (<i>death phase</i>)	Sel menjadi mati akibat penumpukan racun dan habisnya nutrisi, menyebabkan jumlah sel yang mati lebih banyak sehingga mengalami penurunan jumlah sel secara eksponensial.

Pertumbuhan Mikroba

Pengetahuan akan kurva pertumbuhan mikroba (seperti bakteri) sangat penting untuk menggambarkan karakteristik pertumbuhannya, sehingga akan mempermudah dalam kultivasi (menumbuhkan) mikroba pada suatu media, atau penyimpanan kultivasi dan penggantian media.

Pertumbuhan mikroba di-pengaruhi oleh berbagai faktor lingkungan, di antaranya yaitu suhu, pH, aktivitas air, adanya oksigen, dan tersedianya zat ma-kanan. Mikroba mempunyai suhu maksimum dan suhu minimum se-bagai batas suhu pertumbuhannya. Suhu yang terbaik untuk pertum-buhan mikroba disebut suhu opti-mum. Masing-masing jasad renik mempunyai suhu optimum,

minimum, dan maksimum untuk pertumbuhan. Hal ini disebabkan di bawah suhu minimum dan di atas suhu maksimum, aktivitas enzim akan berhenti, bahkan pada suhu yang terlalu tinggi akan terjadi denaturasi enzim sehingga metabolisme dan pertumbuhan sel terganggu bahkan dapat menye-babkan kematian sel mikroba.

Jasad renik dapat dibedakan atas beberapa grup berdasarkan atas kemampuannya untuk dapat memulai pertumbuhan pada kisaran suhu tertentu. Penggolongan tersebut yaitu meliputi:

1. **Psikrofilik** adalah mikroba yang dapat tumbuh pada suhu 0°C, dengan suhu optimum 5-15°C, dan suhu maksimum sekitar 20°C.

2. **Mesofilik** adalah mikroba yang tumbuh baik pada suhu 20-45°C. Pada suhu tersebut jika suatu makanan disimpan memberikan pengaruh yang sangat besar terhadap jenis jasad renik yang dapat tumbuh serta kecepatan pertumbuhannya. Kapang dan Khamir pada umumnya tergolong dalam mikroba mesofilik.
3. **Termofilik** adalah mikroba yang dapat tumbuh pada suhu yang relatif tinggi dengan suhu minimum 25°C, suhu optimum 45-55°C, dan suhu maksimum 55-65°C. Beberapa bakteri termofilik bahkan masih dapat hidup dan tumbuh sampai suhu 75°C, misalnya *Bacillus thermosaccharolyticum*. Bakteri yang masih tahan dan tidak mati pada suhu pasteurisasi tersebut, disebut bakteri **termodurik**.

Mikroba menggunakan komponen-komponen kimia di dalam substrat sebagai sumber energi untuk berkembang biak dan membentuk sel-sel baru. Aktivitas sel tersebut dilakukan oleh berbagai enzim yang diproduksi sel mikroba. Berlangsungnya reaksi enzimatik dapat dilihat dari produk akhir reaksi atau berkurangnya komponen yang dipecah. Berdasarkan sifat pemecahan terhadap komponen kimia substrat, mikroba dapat dikelompokkan menjadi mikroba amilolitik, lipolitik, pektinolitik dan sebagainya.

Mikroba amilolitik dapat memecah pati menjadi komponen yang lebih

seederhana terutama glukosa, komponen gula sederhana dapat dipecah lebih lanjut oleh mikroba menjadi asam, alkohol atau gas. Mikroba lipolitik dapat memecah lemak sehingga dihasilkan gliserol dan asam-asam lemak, sedangkan mikroba proteolitik dapat memecah protein menjadi peptida dan asam amino. Mikroba yang bersifat aerob (memerlukan oksigen dalam kelangsungan hidup pertumbuhannya) dapat memecah H₂O₂ yang bersifat racun bagi sel mikroba itu sendiri dengan mengubahnya menjadi H₂O dan O₂ menggunakan enzim katalase yang diproduksinya.

Bakteri tumbuh dengan cara pembelahan biner, yang berarti dari satu sel membelah menjadi dua sel. Waktu yang dibutuhkan oleh sel untuk membelah disebut waktu generasi. Waktu ini bervariasi tergantung pada spesies dan kondisi pertumbuhan. Semua bakteri yang tumbuh pada makanan bersifat heterotropik, yaitu memerlukan zat organik untuk pertumbuhannya. Dalam metabolismenya bakteri heterotropik menggunakan protein, karbohidrat, lemak dan komponen makanan lainnya sebagai sumber karbon dan energi untuk pertumbuhannya.

Beberapa bakteri dapat mengoksidasi karbohidrat secara lengkap menjadi CO₂ dan H₂O, atau memecahnya menjadi asam, alkohol, aldehida atau keton. Bakteri juga dapat memecah protein yang terdapat di dalam makanan menjadi polipeptida, asam amino, amonia, dan amin.

Beberapa jenis spesies tertentu dapat memecah lemak menjadi gliserol dan asam lemak. Meskipun bakteri membutuhkan vitamin untuk proses metabolismenya, beberapa dapat mensintesis vitamin-vitamin tersebut dari komponen lainnya di dalam medium. Beberapa bakteri lainnya tidak dapat tumbuh jika tidak ada vitamin di dalam mediumnya. (Pelczar *et al*, 1977).

Jika bakteri tumbuh pada bahan pangan dapat menyebabkan berbagai perubahan baik penampakan maupun komposisi kimia dan cita rasa bahan pangan tersebut. Perubahan yang dapat terlihat dari luar misalnya perubahan warna, pembentukan film atau lapisan pada permukaan seperti pada minuman atau makanan cair/padat, pembentukan lendir, pembentukan endapan atau kekeruhan pada minuman, pembentukan gas, bau asam, bau alkohol, bau busuk, dan berbagai perubahan lainnya (Fardiaz, 1992).

Beberapa contoh mikroba (bakteri, khamir dan kapang) yang sering dibahas atau terdapat dalam bahan makanan antara lain:

1. ***E. coli***

Awalnya *Eschericia* disebut *Aerobacter* yang merupakan bakteri koliform yaitu bakteri yang sering digunakan dalam uji sanitasi air dan susu. Jenis *Escheciria* hanya mempunyai satu spesies yaitu *E. coli*, dan disebut koliform fekal karena ditemukan di dalam saluran usus hewan dan manusia,

sehingga sering terdapat di dalam feses. Bakteri ini sering digunakan sebagai indikator kontaminasi oleh kotoran feses.

2. ***Endomycopsis***

Endomycopsis adalah jenis khamir yang memiliki morfologi spora bervariasi di antara spesies. *Endomycopsis* memproduksi spora berbentuk bulan sabit.

3. ***Pseudomonas***

Pseudomonas merupakan salah satu jenis dalam kelompok yang sering menimbulkan kebusukan makanan. Bakteri ini bersifat motil dengan flagela polar.

4. ***Candida***

Sel *Candida* tumbuh membentuk pseudomiselium atau hifa yang mengandung banyak sel-sel tunas atau disebut blastospora, dan mungkin membentuk khlamidospora. Kebanyakan spesies pertumbuhannya membentuk film pada permukaan, dan sering merusak makanan-makanan yang mengandung garam dan asam dalam jumlah tinggi. Selain menyebabkan kerusakan makanan, beberapa spesies *Candida* juga digunakan dalam industri.

5. ***Bacillus subtilis***

Bakteri ini bersifat aerobik sampai anaerobik fakultatif, katalase positif, dan kebanyakan bersifat gram positif, hanya beberapa saja yang bersifat gram negatif. Bentuk spora

yang diproduksi oleh *Bacillus* bermacam-macam, tergantung dari spesiesnya. *Bacillus subtilis* memproduksi spora yang langsing, dengan diameter tidak melebihi 0,9 μM . *B. subtilis* merupakan bakteri mesofilik.

6. *Staphylococcus*

Staphylococcus merupakan bakteri berbentuk bulat yang terdapat dalam bentuk tunggal, berpasangan, tetrad, atau berkelompok seperti buah anggur. Nama bakteri ini berasal dari bahasa Latin "staphelē" yang berarti anggur. Bakteri ini membutuhkan nitrogen organik (asam amino) untuk pertumbuhannya, dan bersifat anaerobik fakultatif.

7. *Streptococcus faecalis*

Streptococcus faecalis merupakan bakteri dalam grup *Enterococcus* yang dapat hidup atau lebih tahan panas dan berasal dari kotoran manusia. *Streptococcus faecalis* merupakan varietas yang bersifat proteolitik-asam.

8. *Saccharomyces ellipsoideus*

Saccharomyces ellipsoideus merupakan variasi khamir dari *S. cerevisiae* yang mempunyai galur memproduksi alkohol dalam jumlah tinggi sehingga sering digunakan dalam produksi alkohol, anggur dan minuman keras (Netser *et al*, 1973).

9. *Rhizopus*

Rhizopus sering disebut juga kapang roti karena sering

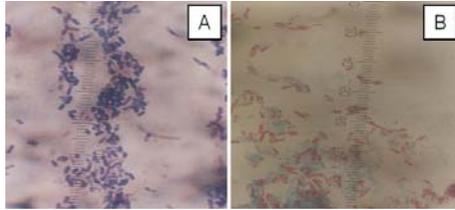
tumbuh dan menyebabkan kerusakan pada roti. Selain itu kapang ini juga sering tumbuh pada sayur dan buah-buahan. Selain merusak makanan, beberapa spesies *Rhizopus* juga digunakan dalam pembuatan beberapa makanan fermentasi tradisional, misalnya *R. oligosporus* dan *R. oryzae* yang digunakan dalam fermentasi berbagai macam tempe dan oncom hitam (Frazier dan Westhoff, 1978).

10. *Aspergillus niger*

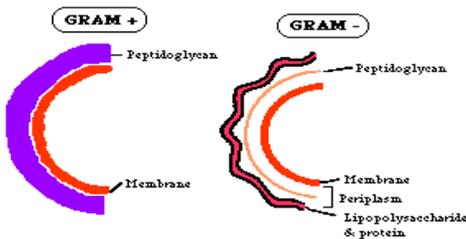
Grup *Aspergillus niger* mempunyai kepala pembawa konidia yang besar yang dipak secara padat, bulat dan berwarna hitam, cokelat-hitam atau ungu-cokelat. Konidianya kasar dan mengandung pigmen. Kebanyakan galur dalam grup ini mempunyai sklerotia yang berwarna abu-abu sampai hitam. Beberapa galur digunakan dalam produksi asam sitrat, asam glukonat dan enzim.

Untuk mengetahui morfologi mikroba (bentuk dan ciri-ciri tertentu) dapat dilakukan pengamatan menggunakan mikroskop. Pengamatan bakteri dilakukan dengan pengecatan gram untuk membedakan antara bakteri gram positif dengan bakteri gram negatif. Pada bakteri gram positif akan menghasilkan penampakan koloni sel berwarna ungu sedangkan bakteri gram negatif akan menghasilkan penampakan koloni sel berwarna merah muda (Gambar 9.2).

Perbedaan tersebut disebabkan oleh adanya perbedaan lapisan pem-bentuk dinding sel (Gambar 9.3).



Gambar 9.2 A. Pewarnaan Gram Positif (*Bacillus* sp), B. Pewarnaan Gram Negatif *Staphylococcus aureus*. Pengamatan di Bawah Mikroskop dengan Perbesaran 1000x. (Nurhayati, 2005)



Gambar 9.3 Struktur Lapisan membran sel pada Bakteri Gram Positif dan Gram Negatif (Anonim, 2005)

9.2. Fermentasi Metabolit Primer

Metabolit primer adalah senyawa yang termasuk produk akhir yang mempunyai berat molekul rendah dan dihasilkan pada fase eksponensial oleh mikroba. Senyawa metabolit primer digunakan untuk membentuk makromolekul atau yang dikon-versikan menjadi koenzim senyawa intermediet/ (antara) seperti asam amino nukletida purin, pirimidin, vitamin, asam organik, seperti asam sitrat,

asam fumarat, aseton butanol asam asetat dan enzim termasuk metabolit primer.

Metabolit primer lainnya adalah yang termasuk senyawa antara pada jalur reaksi Embden Meyerhof, jalur pentosa fosfat, dan siklus asam trikarboksilat (Siklus Krebs). Dalam memproduksi senyawa metabolit primer harus dipilih mikroba yang potensial untuk fermentasi.

Beberapa contoh fermentasi metabolit primer antara lain aseton butanol, alkohol/etanol, asam cuka, asam sitrat, enzim dan vitamin.

Fermentasi Aseton Butanol oleh Bakteri

Bakteri yang berperan dalam fermentasi aseton butanol adalah *Clostridium acetobutyricum*, *Clostridium butyricum*. Inokulum *Clostridium acetobutyricum* jika dipakai berkali-kali sifatnya menurun, maka diperlukan *heat shocking*.

Bahan dasar yang digunakan antara lain padi, tepung tapioka, arabinosa, dan xylosa. Sumber nitrogen yang dibutuhkan seperti protein, pepton, dan asam amino. Selama proses fermentasi diperlukan kondisi fermentasi tanpa oksigen (anaerob) dengan suhu optimum 37°C, pH 4,7 – 8 dan perbandingan atau konsentrasi bahan dasar sekitar 3 – 10 %.

Produk akhir yang dihasilkan dari fermentasi aseton butanol dengan bahan dasar glukosa adalah

n-butanol (6 bagian), aseton (3 bagian), dan etanol (1 bagian). Begitu juga bila menggunakan bahan dasar xylosa, sukrosa, dan lefulusa. Sedangkan bila bahan dasarnya menggunakan arabinosa akan menghasilkan rasio butanol: aseton : etanol sebesar 5 : 4 : 1

Fermentasi Alkohol (Wine)

Hampir sebagian besar industri minuman beralkohol menggunakan produk pertanian sebagai bahan mentah dan khamir yang mengkonversikan menjadi minuman melalui proses fermentasi. Pada fermentasi alkohol memerlukan substrat gula sedangkan pada fermentasi wine menggunakan sari buah anggur (*Vitis vinifera*). Buah tersebut merupakan medium yang baik karena :

1. Kandungan nutrisi cukup tinggi

2. Mempunyai keasaman yang tinggi sehingga dapat menghambat pertumbuhan mikrobia yang tidak diinginkan.
3. Kandungan gula cukup tinggi
4. Mempunyai aroma yang sedap.

Fermentasi anggur dilakukan dengan penambahan SO₂ ke dalam jus/cairan buah anggur dengan tujuan untuk:

1. Mencegah browning selama penghancuran buah dan
2. Menghambat aktivitas khamir lain

Wine dibedakan menjadi dua yaitu:

1. Wine merah (*red wine*): anggur yang dibuat dari keseluruhan buah anggur berwarna merah.
2. Wine putih (*white wine*): anggur yang dibuat dari buah anggur berwarna hijau dan juga warna merah yang telah dikupas kulitnya.

Tabel 9.2 Jenis Khamir dan Wine yang Dihasilkan (Anonim, 2006)

Jenis khamir	Dapat ditemukan pada
<i>Candida pulcherima</i> (<i>Metschnikovia pulcherima</i>)	Ekstrak (hancuran buah anggur) dan wine
<i>Sccharomyces cerevisiae</i>	Wine klasik
<i>Kloeckera africana</i> ; <i>K. apiculata</i>	Wine dan buah anggur
<i>S. carlsbergensis</i> ; <i>S. rouxii</i>	Wine dan buah anggur
<i>Torulopsis stelatta</i>	Wine

Proses akibat aktivitas khamir yang telah lama dikenal adalah fermentasi bir dan minuman anggur (*wine*). Proses tersebut melibatkan khamir yang secara alami banyak terdapat dalam buah-

buah atau biji-bijian yaitu genus *Saccharomyces*. Beberapa jenis khamir yang terlibat dalam fermentasi minuman beralkohol tercantum pada Tabel 9.3.

Tabel 9.3 Fermentasi yang Dilakukan oleh Khamir (Anonim, 2006)

Produk Fermentasi	Mikrobia
Bir	<i>Saccharomyces carlbergensi</i> dan <i>S. cerevisiae</i>
Anggur (<i>wine</i>)	<i>Saccharomyces cerevisiae</i> var. <i>ellipsoides</i>
<i>Cider</i>	<i>Saccharomyces cerevisiae</i> var. <i>ellipsoides</i>
Sake dari beras	<i>Saccharomyces sake</i> dan <i>Aspergillus</i>
Tuak	<i>Saccharomyces cerevisiae</i> dan <i>Schyzosacharomyces</i>
Madu difermentasikan	<i>Saccharomyces cerevisiae</i>
Tape	<i>Saccharomyces cerevisiae</i> , <i>Candida tropicalis</i> dan <i>Pediococcus</i>
Kumiss dari susu (Rusia)	<i>Saccharomyces cerevisiae</i> , <i>Lactobacillus</i>
Kecap	<i>Saccharomyces</i> dan <i>Aspergillus oryzae</i>
Miso dari kedelai dan beras	<i>Saccharomyces rouxii</i> , <i>Aspergillus oryzae</i>

Minuman fermentasi yang tertua adalah bir yang sudah diproduksi sejak tahun 4000 SM. Bir dibuat dari bahan baku antara lain:

1. Gandum (*barley*), padi-padian atau bijian yang lain, yang diolah menjadi roti, kemudian dihancurkan disuspensikan dengan air dan difermentasikan.
2. Rasanya ada yang manis dan ada yang masam.

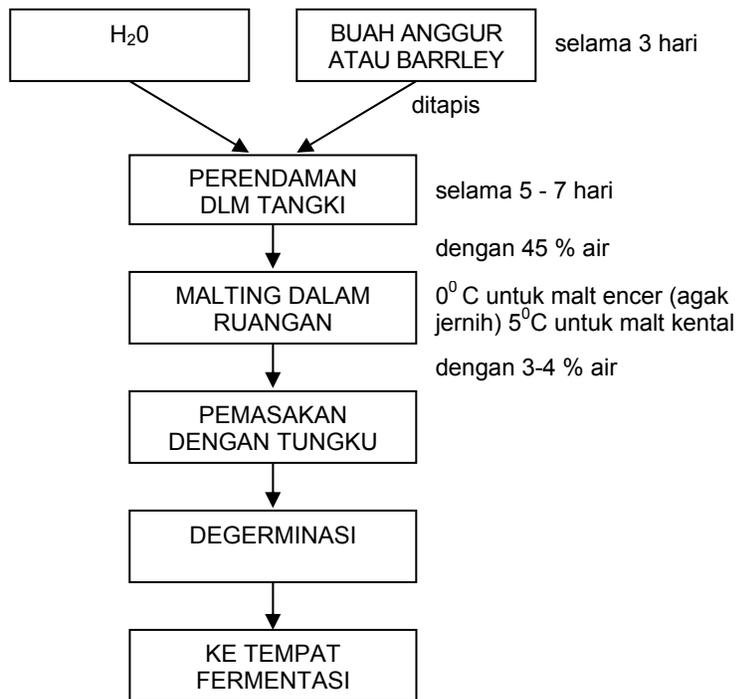
Bir pada tahun 700SM terbuat dari biji-bijian tanpa ditambah hop (bunga) sehingga rasanya berbeda dengan bir sekarang (lebih klasik) dengan ditambah rempah-rempah. Pada abad ke 15, bir telah divariasi aromanya dengan menggunakan hop. Bir pada masa sekarang terbuat dari perkecambahan gandum, tepung beras atau jagung, air serta hop yang selanjutnya difermentasikan dengan menggunakan khamir.

Adapun mekanisme proses fermentasi bir modern adalah:

1. Pati dari kecambah gandum, beras atau jagung dikonversikan menjadi maltosa dan dekstrin yang dibantu oleh enzim yang terdapat dalam kecambah gandum.
2. Campuran karbohidrat yang diperoleh tersebut dalam bentuk larutan yang disebut *wort*, direbus bersama-sama dengan *hop*, kemudian didinginkan
3. Difermentasikan menjadi bir yang beralkohol, CO₂ dan sisa-sisa dekstrin.
4. Bir yang telah jadi mengandung:
 - a. air, dekstrin, alkohol dan CO₂
 - b. gula-gula yang tak dapat difermentasikan, protein dan senyawa aromatik yang berasal dari resin hop
 - c. dan hasil samping minyak fusesel

Beberapa proses penting yang dilakukan dalam pembuatan bir meliputi:

1. Malting: perkecambahan barley di rumah kecambah gandum (Malthouse) (Gambar 4).
2. Kecambah gandum berisi :
 - a. Enzim yang merombak pati dari malt itu sendiri dan pati-pati yang ditambahkan (beras atau jagung)
 - b. Sumber protein bir yang penting artinya untuk pembentukan buih
 - c. Memberikan aroma yang tipikal
3. Proses perkecambahan barley
 - a. Barley dicuci, direndam air sehingga memungkinkan baley berkecambah
 - b. Air ditapis
 - c. Perkecambahan dilanjutkan sampai 5 atau 7 hari
 - d. Selama perkecambahan, β -amilase, dan terbentuk enzim baru yaitu α -amilase
 - e. α -amilase berperan menyerang pati hanya pada rantai karbon yang lurus dan tidak mampu menyerang rantai karbon yang bercabang (amilodekstrin). Sedangkan β -amilase berperan dalam pembentukan gula akhir.
 - f. Enzim lain yang berperan yaitu:
 - protease meningkatkan kelarutan protein
 - sitase yang mendegradasi beberapa gum pentosan, dan
 - fitase yang melepaskan gugus fosfat dan inositol



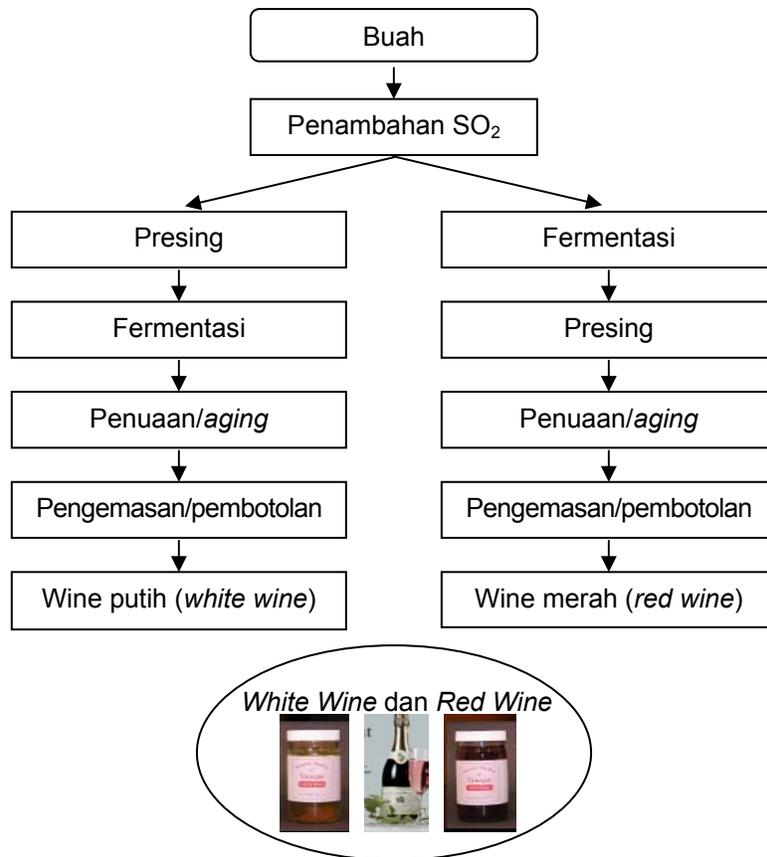
Gambar 9.4 Proses Malting pada Pembuatan Bir (Anonim, 2006)

4. Pemasakan atau pemanasan
 - a. Selama pemanasan sering timbul reaksi pencoklatan (*browning*) karena melanoidin meningkat
 - b. Melanoidin sangat penting untuk memberi warna dan aroma yang khas.
5. Komposisi bir : alkohol 3,8 % - 5 % dekstrin 4,3 % protein 0,3 % abu 0,3 % dan CO₂
6. Mikrobiologi *brewing*
 - a. Khamir sangat menentukan kualitas bir: memberikan aroma dan sejumlah oligosakarida yang tidak terfermentasikan.
 - b. Pada bir lager menggunakan *S. carlsbergensis* yang mampu memfermentasikan melibiosa dan gas; sedangkan *S. cerevisiae* tidak mampu memfermentasikan melibiosa.
 - c. Selama proses fermentasi gula dikonversikan menjadi alkohol, CO₂ dan sedikit gliserol, serta asam asetat dari hasil fermentasi karbohidrat yang lain. Protein dan lipid yang terkandung di dalam wort sebagian difermentasikan menjadi alkohol, asam dan ester yang memberikan aroma yang khas. Bir yang dihasilkan berwarna hijau, maka perlu pemeraman lebih lanjut (*aging*)
 - d. Selama *aging* protein, khamir dan resin dipresipitasikan sehingga bir menjadi masak dan jernih dengan aroma yang lembut. Bir tersebut diunduh dengan melalui penyaringan, kemudian diinjeksi dengan CO₂ agar terbentuk buih-buih (*sparkling*). Pada umumnya CO₂ yang terbentuk selama fermentasi ditampung ke dalam bejana yang kemudian diinjeksikan kembali setelah proses akhir. Kandungan CO₂ di dalam bir sekitar 0,45 % - 0,5 %. Beberapa industri bir sering menambah sedikit gula ke dalam masing-masing botol untuk mempertahankan proses fermentasi tetap berlangsung.
 - e. Proses terakhir adalah bottling dan pasteurisasi sekitar 60-65 °C kemudian disaring.
 - f. Mengapa tidak banyak mikrobia mengkontaminasi bir? karena:
 - Khamir menggunakan O₂ dengan cepat dan menghasilkan CO₂
 - Hop mengandung α-resin dan humulon yaitu senyawa antimikrobia khususnya terhadap pada bakteri gram positif
 - Bir mempunyai pH asam (3,7 – 4,5)
 - Alkohol yang dihasilkan juga mempengaruhi pertumbuhan mikrobia.
 - Bir disimpan pada suhu dingin.
 - g. Kontaminan selama brewing bir: *Lactobacillus pastorianus* dan *Pediococcus cerevisiae*, *Flavobacterium proteus*.
 - h. Fermentasi dilakukan pada suhu rendah, sekitar 2 minggu untuk produksi bir
 - i. Produksi komersial bir dilakukan :

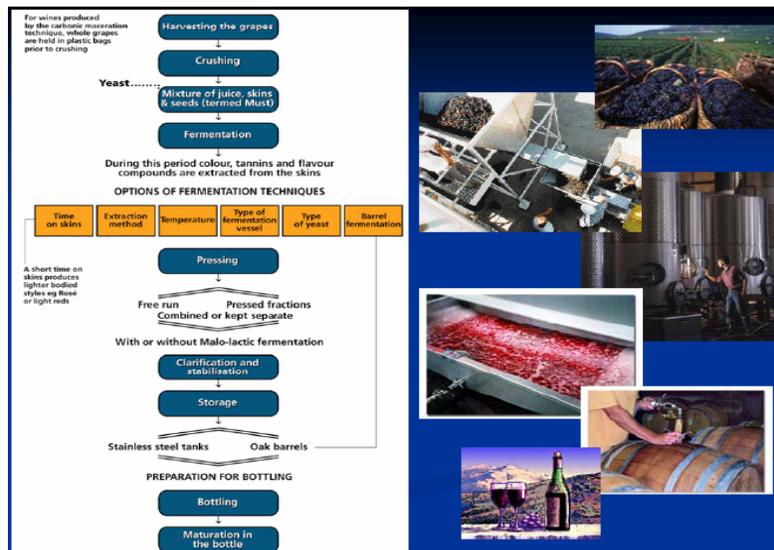
- dengan proses sekali unduh (*bacth process*)
 - dengan proses kontinyu/berkesinambungan (*continue process*) yaitu dengan menambahkan substrat baru yang dilakukan secara terus menerus dan pemanenan.
- j. Macam-macam bir meliputi:
- Bir Lager: fermentasi yang melibatkan *bottom yeasts* dan tak berspora: *S. carlsbergensis*.
 - Ale : fermentasi bir yang melibatkan *top yeasts* dan berspora : *S. cerevisiae* mempunyai kandungan alkohol cukup tinggi.
 - Bir Pilsener (dari Chekoslovakia) : warna jernih, kering (*dry*) karena mengandung gula yang difermentasikan rendah, mempunyai aroma hop tajam.
 - Minuman malt : kandungan alkohol lebih tinggi dari pada bir
 - Bir non karbohidrat: bir yang terbuat dari larutan karbohidrat yang semua dekstrinnya dihidrolisis oleh enzim menjadi maltosa dan glukosa.
- b. Khamir yang berasal dari permukaan kulit anggur sebagai inokulum dan kadang-kadang diinokulasi dengan *S. cerevisiae*.
- c. Proses fermentasi dilakukan berdasarkan jenis *wine* yang dihasilkan yaitu pada:
- a. *Red Wine* :
- warna merah terbentuk selama proses fermentasi karena terjadi ekstraksi warna kulit buah anggur oleh alkohol yang terbentuk.
 - CO₂ terbentuk selama fermentasi sehingga sisa buahan dan kulit terangkat keatas
 - lama fermentasi 3 – 5 hari pada 24 – 27 °C
- b. *White Wine* :
- proses hampir sama dengan red wine tetapi tidak terjadi warna
 - lama fermentasi 7 – 14 hari pada 10 – 21 °C
 - kandungan alkohol 19 – 21 %.
- c. memerlukan karbonasi yang dilakukan dengan menginjeksikan CO₂ setelah proses fermentasi selesai

Cara pembuatan *wine* dapat dijelaskan sebagai berikut (Gambar 9.5).

- a. Buah anggur yang dipetik dari kebun dihancurkan menjadi bentuk cairan yang disebut *must*.



Gambar 9.5 Diagram Alir Pembuatan Wine (Anonim, 2006)



Gambar 9.6 Produksi Wine Secara Komersial (Anonim, 2005)

Fermentasi Asam Cuka (Vinegar) Mikrobia yang berperan

Kata *vinegar* (cuka) berasal dari istilah Perancis *vinaigre* yang berarti anggur asam. Menurut *Food and Drugs Administration* di Amerika Serikat, cuka, cuka sari buah apel, cuka apel, dibuat melalui fermentasi alkoholik sari buah apel diikuti fermentasi asetat (Pelczar and Chan, 1988). Sedangkan menurut Frazier (1976), cuka didefinisikan sebagai bumbu yang dibuat dari bahan yang mengandung pati atau gula dengan fermentasi alkohol diikuti oksidasi asetat.

Bahan dasar

Ada bermacam-macam cuka, perbedaannya terutama terletak pada bahan yang dipakai dalam fermentasi alkohol, seperti macam sari buah, sirup, dan bahan yang mengandung pati yang dihidrolisis. Berbagai macam bahan yang dapat dibuat menjadi cuka diantaranya adalah :

1. Sari buah-buahan, misalnya apel, anggur, jeruk, dan sebagainya.
2. Sayur-sayuran yang mengandung pati, misalnya kentang yang mengandung pati dan harus dihidrolisis menjadi gula terlebih dahulu.
3. Biji-bijian gandum, seperti barley, gandum hitam, jagung, dan gandum.
4. Minuman keras atau alkohol, misalnya dari bir, atau dari etil alkohol yang berubah sifat.

Mikrobia yang berperan dalam proses pembuatan cuka adalah khamir dan bakteri. Khamir yang berperan adalah *Saccharomyces cerevisiae* var. *ellipsoideus*. Sedangkan bakteri yang berperan adalah dari genus *Acetobacter* (familia *Pseudomonadaceae*) dan genus *Bacterium*. Beberapa spesies *Acetobacter* di antaranya adalah : *Acetobacter aceti*, *A. rancens*, *A. xylinum*. Genus *Bacterium* yang ditemukan antara lain: *Bacterium schentzenbachii*, *B. curvum*, dan *B. orleanense*

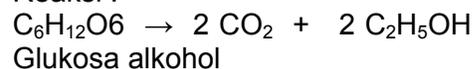
Proses pembuatan

Pada proses pembuatan cuka terjadi 2 macam perubahan biokimiawi yaitu:

1. Fermentasi gula menjadi etil alkohol, dan
2. Oksidasi alkohol menjadi asam asetat

Tahap pertama adalah proses anaerobik yang dilakukan khamir dan menghasilkan alkohol.

Reaksi :

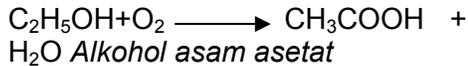


Pada proses ini sejumlah kecil produk lain dihasilkan, seperti gliserol dan asam asetat. Juga ada sejumlah kecil substansi lain, dihasilkan dari senyawa selain gula, termasuk asam suksinat dan amil alkohol.

Alkohol yang dihasilkan pada proses pertama digunakan sebagai

sumber energi bagi bakteri, yang kemudian mengoksidasinya menjadi asam asetat. Bakteri ini menggunakan substansi lain dalam cairan yang difermentasi sebagai makanan.

Reaksi yang merupakan reaksi aerob ini dapat dituliskan sebagai berikut :

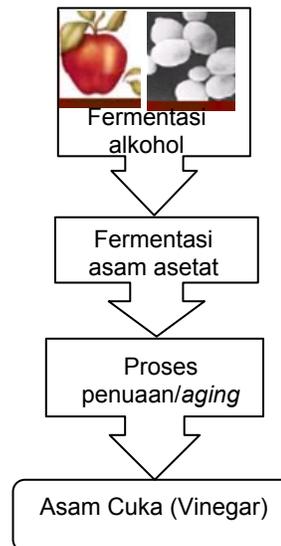


Asetaldehid adalah senyawa intermedier dalam reaksi ini. Di antara produk akhirnya adalah sejumlah kecil aldehyd, ester, aseton, dan sebagainya. Bau cuka yang sedap berasal dari adanya bermacam-macam ester seperti etil asetat, dari alkohol, gula, gliserin dan minyak menguap yang dihasilkan dalam jumlah kecil oleh aksi mikroba. Bau ni dapat juga berasal dari sari buah-buahan yang difermentasi, gandum, atau cairan bersifat alkohol lainnya, dari apa cuka dibuat.

Metode pembuatan cuka dapat dibedakan menjadi metode lambat seperti yang dikerjakan di rumah, atau metode *let alone*, metode Perancis atau Orleans, dan metode cepat, seperti proses pembuatan dengan genera atau prosedur fogging. Pada metode lambat, cairan alkohol tidak bergerak selama asetifikasi, sedangkan pada metode cepat, cairan alkohol bergerak. Metode lambat menggunakan sari buah-buahan yang difermentasi atau cairan gandum untuk menghasilkan asam asetat. Sedangkan metode cepat kebanyakan untuk menghasilkan

cuka dari minuman keras (alkohol). Cairan gandum atau buah disediakan untuk makanan bakteri cuka, tetapi untuk memelihara bakteri cuka aktif dalam metode cepat menggunakan alkohol, ditambah dengan *vinegar food*, yang merupakan kombinasi senyawa organik dan anorganik.

Prosentase cuka dinyatakan dalam grain, yaitu 10 kali jumlah gram asam asetat per 100 ml cuka. Jadi cuka 40 grain mengandung 4 gram asam asetat per 100 ml cuka pada suhu 20⁰ C.



Gambar 9.7 Proses Pembuatan Vinegar/ Asam Cuka (Tesfaye, W. *et al.* 2004)

Penyebab kerusakan cuka

Logam dan garam-garamnya menyebabkan kekeruhan dan perubahan warna cuka. Kerusakan yang disebabkan mikroorganisme dapat menyebabkan rendahnya mutu bahan dari apa cuka dibuat

atau rendahnya mutu cuka itu sendiri. Spesies *Lactobacillus* dan *Leuconostoc* dalam sari buah-buahan tidak hanya bertanggung jawab pada rasa tidak enak, tetapi juga menghasilkan asam asetat yang cukup mengganggu fermentasi alkohol oleh khamir. Pada keadaan anaerob, bakteri asam butirat menghasilkan asam yang tidak diinginkan. Kesulitan ini dapat dikurangi dengan penambahan sulfur dioksida pada sari buah, tetapi kemikalia ini menghambat bakteri cuka.

Kerusakan cuka di antaranya adalah rusaknya asam asetat pada produk. Lapisan tipis bakteri pada proses pembuatan cuka mengurangi kecepatan asetikasi. Oksidasi asam asetat dalam cuka menjadi karbondioksida dan air dapat ditimbulkan oleh bakteri asam asetat sendiri selama proses pembuatan cuka jika kekurangan alkohol atau aerasinya berlebihan. Organisme lain yang dapat mengoksidasi asam asetat pada keadaan aerob adalah lapisan khamir, jamur benang dan algae.

Fermentasi Asam Sitrat oleh Jamur Benang

Asam sitrat dihasilkan oleh *Penicillium luteum*, *Mucor puriformis*, *Aspergillus niger*.

Faktor-faktor yang menentukan fermentasi asam nitrat antara lain:

1. Sumber C
2. Garam organik
3. Perbandinganpermukandengan volume medium
4. pH, suhu, dan oksigen

5. Organisme

Ad. 1. Senyawa organik yang mempunyai senyawa atom C 2, 3, 4, 5, 6, 7, dan 12. Senyawa yang banyak digunakan seperti sukrosa, fruktosa, laktosa, dan glukosa dengan konsentrasi gula 14 – 20 %.

Ad. 2. Garam organik setiap liter memerlukan NH_4NO_3 : 2 – 2,5 gram, KH_2PO_4 : 0,75 – 1,0 gram, $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$: 0,2 – 0,25 gram, HCl 5 N sebanyak 5 cc, pH 3,4 -3,5.

Ad. 3. Perbandingan permukaan dan volume.

Apabila volume media besar kemudian permukaannya dalam asam sitrat yang terbentuk lambat, sedang bila permukaan luas akan ter-bentuk asam sitrat lebih cepat.

Ad. 4. Persediaan oksigen

Oksigen dibutuhkan untuk pertumbuhan jamur *Aspergillus niger*, *Aspergillus wentii*. Erlenmeyer diberi oksigen 15 ml per menit. Suhu digunakan 25 – 35⁰ C. Lama fermentasi 7 – 10 hari. Produk diambil dengan menambahkan Ca, lalu Ca sitrat diendapkan dngan asam sulfat, lalu asam sitrat dipisahkan dari kalsium sulfat.

Fermentasi Asam Amino

Kebanyakan mikroba mensintesis asam amino yang digunakan untuk biosintesis protein dari glukosa dan ammonium. Asam amino ini sebagai senyawa antara dalam

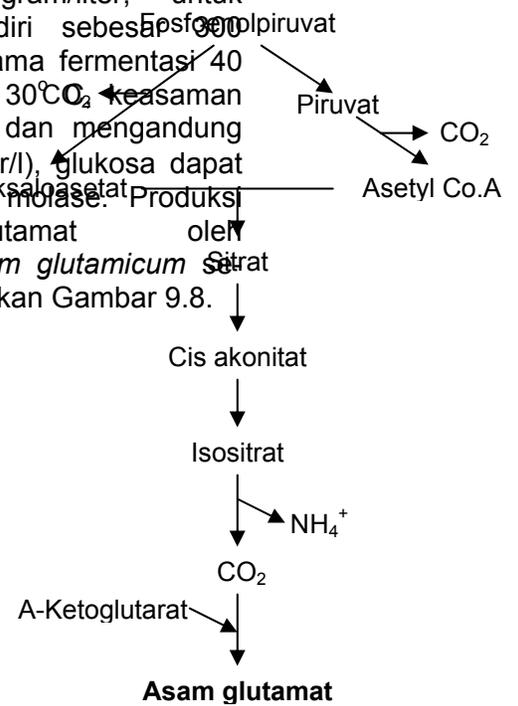
metabolisme, tetapi pada akhir fase exponensial dibebaskan dalam medium walaupun jumlah sedikit.

Di Jepang banyak paten produksi asam amino tetapi hanya asam glutamat dan lisin yang diproduksi oleh industri dalam jumlah besar.

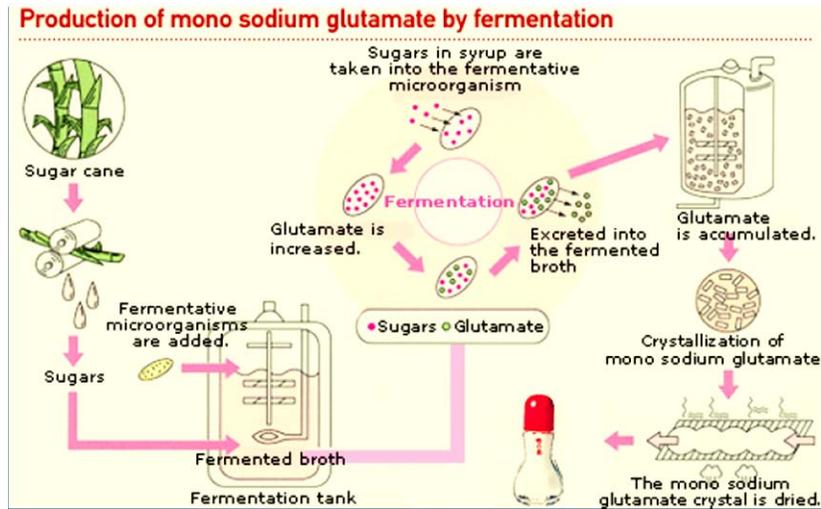
Produksi asam glutamat

Produksi asam glutamat di seluruh dunia lebih dari 100.000 ton per tahun. Monosodium glutamat digunakan untuk penyedap makanan sup.

Asam glutamat dihasilkan oleh mikroorganisme *Corynebacterium glutamicum* sebesar 60 gram/liter, untuk bakterinya sendiri sebesar 3000 miligram/liter. Lama fermentasi 40 jam pada suhu 30°C, keasaman medium alkalis dan mengandung biotin (1 – 5 µgr/l), glukosa dapat diganti dengan molase. Produksi asam glutamat oleh *Corynebacterium glutamicum* seperti yang dijelaskan Gambar 9.8.



Gambar 9.8 Jalur Metabolisme Glukosa menjadi Asam Glutamat (Anonim, 2006)



Gambar 9.9 Produksi Monosodium Glutamat (MSG) dari Gula Tebu (Anonim, 2005)

Fermentasi Vitamin

Mikrobia prototrof dapat mensintesis semua vitamin, koensim dan

faktor tumbuh untuk pertumbuhan dan metaboisme. Sedikit vitamin yang dihasilkan dalam skala industri seperti pada Tabel 9.4.

Tabel 9.4 Produksi Vitamin oleh Mikroba (Anonim 2006)

Jenis Vitamin	Jenis Mikrobia	Medium	Kondisi Fermentasi	Ekstraksi	Produk gr/l (%)
Karoten (prekursor vitamin A)	<i>Blakeslea trispora</i>	Molase, minyak kedelai, β -ionon, thianin	72 jam 30°C, aerob	Solven	1 gr/l
	<i>Myobacterium smignaxtis</i>				0,007 gr/l
Riboflavin	<i>Ashbya gassypii</i>	Glukosa, kolagen, minyak kedelai, glisin	6 hari 36°C, aerob	Dipanaskan 120°C + reagen untuk pengendapan	4,25 gr/l
L-sorbosa (dalam sintesa vitamin C)	<i>Gluconobacter oxidans</i> <i>Sub spesies Suboxidans</i>	D-sorbitol 30%	45 jam 30°C, aerob	Filtrasi dan pemekatan di bawah vaccium	70 %
5-ketoasam glukolat (dalam sintesa vitamin C)	<i>Gluconobacter oxidans</i> <i>Sub spesies Suboxidans</i>	Rendaman jagung glukosa, CaCO ₃ , air rendaman jagung	33 jam 30°C, aerob	Filtrasi dan pemekatan di bawah vaccium	100 %

Tabel 9.5 Produksi Vitamin B12 oleh Bakteri (Anonim 2006)

Spesies	Medium	Aerasi	Proses		
			Suhu (°C)	Waktu (jam)	Produk (mg/l)
<i>Bacillus megaterium</i>	Malase, garam, mineral, karbon	Aerobik	30	18	0-45
<i>Propionibacterium Freudenreichii</i>	Glukosa, cornsteep, hetain kobalt, pH 7,5	Anaerobik (3 hari) + aerobik (2 hari)	30	120	20
<i>Propiobacterium shermanii</i>	Glukosa, cornsteep, kobalt, pH 7	Anaerobik (3 hari) + aerobik (2 hari)	28	150	23
<i>Bacillus coagulans</i>	Asam sitrat, tri etanolamin, kobalt, cornsteep	Aerobik	55	18	6,0
<i>Streptomyces oliveseae</i>	Glukosa, tepung Kedelai, koblat, garam mineral.	Aerobik	28	96	5,7
<i>Pseudomonans denitrifians</i>	Asam oksalat, betain, koblat, garam mineral	Aerobik	-	-	10

Biosintesis vitamin B12 dihasilkan oleh bermacam-macam bakteri seperti *Propionibacterium*, *Streptomyces* dan sebagainya (Tabel 9.5).

Fermentasi Enzim

Produk metabolit yang bersifat primer dan sekunder adalah enzim. Enzim dihasilkan oleh mikroba dalam industri fermentasi berupa ekso-enzim dan endoenzim. Enzim dapat digunakan sebagai komponen pengempuk daging, komponen pembuatan detergen, untuk kebersihan, pembuatn sirup, dan sebagainya.

1. Komposisi media untuk produksi enzim

Kebanyakan enzim mikrobial bersifat hidrolase yaitu enzim inducibel, enzim diproduksi bila diinduksi. Misal enzim β -glactosidase diproduksi dalam media yang mengandung laktosa.

Metoda untuk memperoleh enzim dalam jumlah besar perlu ditambahkan senyawa yang mampu menginduksi produksi enzim ke dalam medium dengan konsentrasi rendah (contoh 0,05 % selobiosa). Jumlah inducer yang ditambahkan bervariasi seperti yang dijelaskan pada Tabel 9.6.

Tabel 9.6 Produksi Enzim oleh Kapang (Anonim 2006)

Enzim	Jenis Kapang	Inducer	Produk (satuan unit international)
Selulase	<i>Trichoderma viride</i>	Selulosa	22,5
		Selobiosa	0,2
		Selobiosa diplamitat	4,8
Dextranase	<i>Penicillium funiculosum</i>	Dekstran	1080
		Isomaltosa	2
		Isomaltosa dipalmiat	1098
Invertase	<i>Aureobasidium pullulans</i>	Sukrosa	1,3
		Sukrosa	108
		monopalmiat	

2. Enzim mikrobia dan kegunaannya

a. Amilase

Strain *Bacillus* dan *Aspergillus* menghasilkan beberapa enzim yaitu

- α -amilase mengkatalisa hidrolisis ikatan α -1,49 glukosidik, berfungsi memecah pati menjadi dextrin dan maltosa
- amiloglikosidase yang langsung menghasilkan glukosa dari pati.
- maltase menghidrolisa maltosa menjadi glukosa.

Amilase yang dihasilkan oleh *Aspergillus niger* dan *A. oryzae* digunakan untuk hidrolisa pati menjadi gula

b. Protease

Protease dihasilkan oleh *Bacillus subtilis* dan *Bacillus licheniformis* atau *A. niger*, *A. oryzae*.

Protease alkalin bersifat toleransi terhadap pH basa dan aktif dengan adanya sodium perborat atau sodium alkylbenzen sulfonat. Protease alkalin dihasilkan oleh *Bacillus* dan *Streptomyces*

9.3. Fermentasi Metabolit Sekunder

Mikroba mampu mensintesis senyawa metabolit sekunder pada fase pertumbuhan stasioner. Senyawa metabolit sekunder tersebut digunakan sebagai nutrisi darurat untuk mempertahankan hidupnya. Metabolit sekunder dapat tergolong sebagai antibiotik, biopestisida, mikotoksin, pigmen, alkaloid dan enzim.

Antibiotik yang dihasilkan oleh kapang meliputi sikloheksimida, amphosetrim, pimarcin, griscofulvin, penisilin, cephalosporin, asam fusidat dan lain sebagainya.

Bakteri juga mampu menghasilkan sikloeksimida, streptomisin, amphotrim, pimaricin, streptomisin, tetrasiklin, khloramfenikol, novobiosin, erithromisin, polimisin dan nisin. Spesies *Actinomycetes* dapat menghasilkan 50-100 antibiotik setiap tahunnya dan *Streptomyces griseus* menghasilkan 40 macam antibiotik yang berbeda.

Biopestisida merupakan senyawa yang dihasilkan oleh mikroba yang bersifat insektisidal (mematikan insekta) sebagai contoh *Bacillus thuringiensis* bersifat patogen terhadap larva lepidoptera, *Bacillus popilliae* bersifat patogen terhadap larva lebah. Senyawa lain yang bersifat sidal (menghambat organisme lain) adalah golongan alkaloid yang dapat diproduksi oleh mikroba dan bersifat herbisidal (mematikan herb/gulma tanaman) contohnya *Cloviceps purpurea* dan *C. pospali* mampu membunuh rumput *Pospalum*.

Beberapa contoh antibiotik lain yang dihasilkan selama fermentasi metabolit sekunder adalah penisilin dan biopestisida seperti yang dijelaskan sebagai berikut.

A. Penisilin

Pada abad 19 telah ditemukan mikroba yang dapat menghambat pertumbuhan mikroba lain, karena menghasilkan senyawa toksin. Mikroba tersebut adalah kapang *Penicillium sp* sehingga senyawa toksin yang dihasilkan disebut penisilin dan berperan sebagai antibiotik. Terdapat banyak antibiotik lain yang diproduksi oleh

mikroba selain kapang seperti bakteri yang juga dapat digunakan dalam bidang pengobatan sebagai senyawa antikapang dan antibakteri yang dihasilkan oleh mikrobia (Tabel 9.7).

Alexander Flemming secara kebetulan menemukan *Penicellium notatum* tumbuh pada kultur *Staphylococcus* yang menyebabkan terbentuknya daerah (*zone*) jernih/bening di sekitar *Penicellium*, karena kedua mikroba tersebut saling bersifat antagonis. Kemudian setelah suatu senyawa diisolasi dari zona bening tersebut, ditemukan sejenis antibiotik yang selanjutnya dikenal sebagai penisilin. Pada tahun 1940 Florey menemukan *P. chrysogenum* sebagai penghasil penisilin yang mempunyai daya hambat lebih efektif dan tidak toksis terhadap jaringan manusia.

Industri penisilin terus mengembangkan cara isolasinya dengan meneliti strain baru dari alam, melakukan seleksi, meningkatkan sifat kultur melalui mutasi, dan optimalisasi media serta kondisi produksi. Gambar 10 menjelaskan contoh tahap isolasi dan karakterisasi *P. chrysogenum* dari buah melon.

Produksi Penisilin dapat dilakukan dengan dua cara yaitu:

1. kultur tenggelam, dan
2. kultur permukaan

Dalam produksi penisilin diperlukan starter *Penicellium* yaitu dengan meumbuhkan *Penicellium notatum*

atau *P. chrysogenum* untuk membentuk spora, selanjutnya spora tersebut sebagai inokulum/starter. Beberapa faktor yang perlu diperhatikan selama fermentasi penisilin adalah:

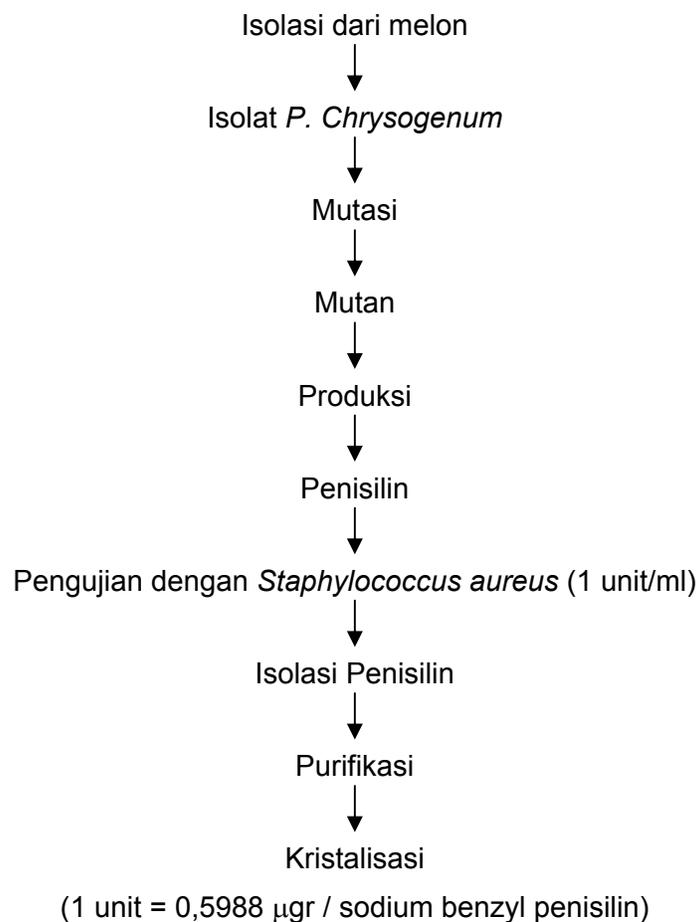
1. Bahan dasar terdiri atas:

- a. Sumber karbon (6 %), laktosa, pati jagung dan dextrin jagung.

- b. Sumber nitrogen: sodium nitrat, ammonium sulfat, ammonium asetat, ammonium laktat, corn steep liquor.

- c. Sumber mineral: magnesium sulfat ($\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$)

- d. Prekursor/inducer yaitu senyawa yang mampu menginduksi pembentukan penisilin oleh *Penicillium* seperti asam fenilasetat.



Gambar 9.10 Pengembangan Strain Penghasil Penisilin (Anonim 2006)

2. Kondisi fermentasi
 Suhu 24^oC, pH : 5-7,5, aerasi
 400 cu/menit, antifolam tributyl
 citrat, 3 % oktadekanol.

Novobioci dan cycloheximide (actidione) merupakan insektisida yang mempunyai spektrum lebih luas terhadap insekta. Di Jepang telah banyak dilakukan seleksi dan juga menemukan metabolit sekunder baru yang mempunyai daya insektisida. Insektisida tersebut dihasilkan oleh *Streptomyces*.

B. Biopestisida

Kebanyakan antibiotik dengan konsentrasi antara 55-200 ppm mempunyai sifat insektisidal.

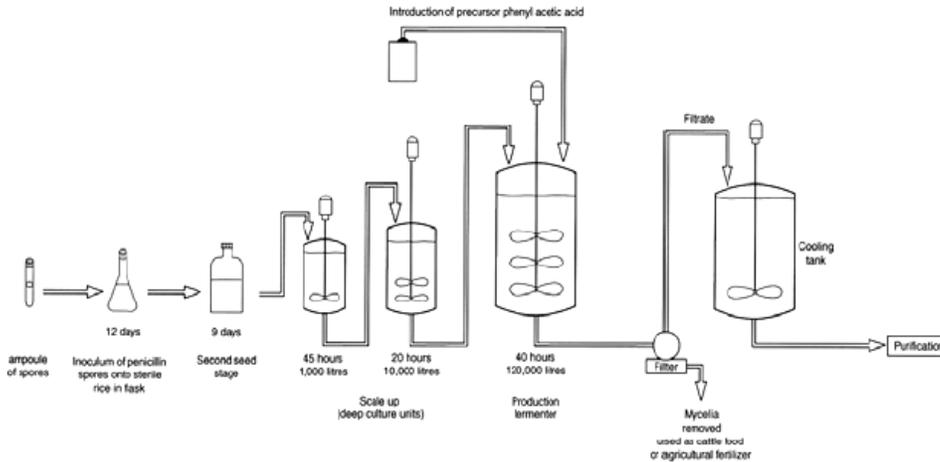
Tabel 9.7 Jenis Mikroba, Insektisida yang Dihasilkan dan Toksisitasnya terhadap Manusia (Anonim, 2006)

Jenis mikrobia	Produk	Toksisitas terhadap manusia
<i>Streptomyces factum</i>	Pactomycin	Tinggi
<i>Streptomyces mabaraence</i>	Piericidins A dan B	Tinggi
<i>Metarrhizium anisapliae</i>	Dextrixin A dan B	Tinggi
<i>Aspergillus ochraceus</i>	Aspachchracin	Rendah
<i>Aspergillus versicolor</i>	Versimide	-

Di Jepang, kapang tingkat tinggi digunakan untuk pengendalian lalat, yaitu asam tricklomat yang dihasilkan oleh *Tricholoma muscarium* dan asam dibotenat dari *Amania muscaria*. Contoh mikroba lain seperti bakteri yang berperan sebagai pengendali hama antara lain :

1. *Bacillus thuringensis*: sporanya bersifat patogen terhadap larva Lipidoptera
2. *Bacillus popilliae*: sporanya bersifat patogen terhadap lebah (*Popillia japonica*).

Kapang dapat menginfeksi integumen hospes. Spesies fungi yang paling baik adalah *Beauveria bassiana* untuk mematikan penyakit pada ulat sutera (*Bombyx mori*).



Gambar 9.11 Diagram Alir Produksi Penisilin Secara Komersial (Anonim 2005)

9.4. Teknologi Fermentasi

Fermentasi berasal dari bahasa latin yaitu *fervere* yang berarti mendidih (*to boil*) sebagai suatu kenyataan yang menunjukkan adanya aktifitas khamir pada ekstrak buah-buahan atau sereal, karena selama fermentasi dihasilkan CO_2 sehingga kondisinya menjadi anaerob.

Proses fermentasi sering didefinisikan sebagai proses pemecahan karbohidrat dan asam amino secara anaerobik, yaitu tanpa memerlukan oksigen. Karbohidrat merupakan substrat utama yang dipecah dalam proses fermentasi. Bentuk polisakarida terlebih dahulu dipecah menjadi gula sederhana sebelum difermentasi, misalnya hidrolisis pati menjadi unit-unit glukosa. Selanjutnya glukosa dipecah menjadi senyawa-senyawa lain tergantung dari jenis fermentasinya.

Tahapan fermentasi meliputi pemilihan jenis mikroba dan kultur stok, menentukan media, persiapan/preparasi inokulum, proses fermentasi, mengendalikan/mengontrol proses dan pengunduhan hasil serta pemurnian hasil fermentasi (jika diperlukan).

Operasi fermentasi secara komersial dapat digolongkan menjadi tiga golongan yaitu fermentasi nonaseptis, semi aseptis dan aseptis. Fermentasi non aseptis biasanya terjadi secara spontan di alam. Contoh fermentasi non aseptis adalah produksi protein sel tunggal (PST) dari hidrokarbon. Fermentasi semi aseptis memerlukan kondisi (lingkungan dan media) yang agak spesifik dan sedikit terkontrol, contohnya fermentasi alkohol. Sedangkan fermentasi aseptis adalah fermentasi yang harus dilakukan secara penuh karena adanya kontaminasi mikroba lain dapat mengakibatkan kegagalan proses (fatal), contohnya fermentasi produksi antibiotik.

Fermentasi merupakan proses yang relatif murah dan pada hakekatnya telah lama dilakukan oleh nenek moyang kita secara tradisional dengan produk-produknya yang sudah biasa dimakan orang sampai sekarang seperti tempe, oncom, tape, dan lain sebagainya.

Proses fermentasi dengan teknologi yang sesuai dapat menghasilkan produk yang mengandung protein lebih tinggi. Protein yang berasal dari mikroba sebagai sumber pangan manusia mulai dikembangkan pada awal tahun 1900. Protein mikroba ini kemudian dikenal dengan sebutan *Single Cell Protein* (SCP) atau Protein Sel Tunggal (PST). Menurut Tannemaum (1971), protein sel tunggal adalah istilah yang digunakan untuk protein kasar atau murni yang berasal dari mikroorganisme, seperti bakteri, khamir, kapang, ganggang dan protozoa.

Ada dua istilah yang sering digunakan untuk produk protein dari mikroba yaitu Protein Sel Tunggal (PST) dan *Microbial Biomass Product* (MBP) atau Produk Biomassa Mikrobial (PBM). Bila mikroba yang digunakan tetap berada dan bercampur dengan masa substratnya maka seluruhnya dinamakan PBM. Bila mikroba dipisahkan dari substratnya maka hasil panennya dinamakan PST.

Kebanyakan produk berasal dari substrat yang mengandung karbon. Berbagai macam produk antara yang dihasilkan dari glukosa

dan selanjutnya diubah menjadi asam piruvat. Dari asam piruvat akan direduksi menjadi asam laktat, asam butirat, asam propional, butanediol, etil alkohol dan sebagainya.

Produk yang dihasilkan tergantung pada ada dan tidaknya enzim mikroba. Sebagai contoh bakteri asam laktat tidak menghasilkan enzim piruvat dekarboksilase, tetapi mereduksi piruvat menjadi asam laktat, sedangkan khamir dapat menghasilkan piruvat dekarboksilase untuk mereduksi senyawa CO₂ menjadi etanol.

Metabolisme glukosa dalam kondisi anaerob melalui jalur *Embden-Meyerhof-Parnas* (EMP). Kemudian melalui reaksi *Entner Doudoroff* didegradasi menjadi etil alkohol, seperti yang dilakukan oleh *Pseudomonas*. Piruvat dapat diubah menjadi asam laktat, seperti yang dilakukan oleh *Leuconostoc mesenteroides*. Beberapa jenis fermentasi yang dilakukan oleh mikroba mempunyai sifat karakteristik tersendiri antara lain:

1. Tipe fermentasi yang dibedakan atas pertumbuhan mikroba dan produk.
 - a. Sinonim : produksi protein sel tunggal
 - b. Asosiasi (*associated*) : fermentasi alkohol asam sitrat, dan asam laktat.
 - c. Nonasosiasi (*non associated*): fermentasi antibiotik.
 - d. *Stepwise*: fermentasi antibiotik

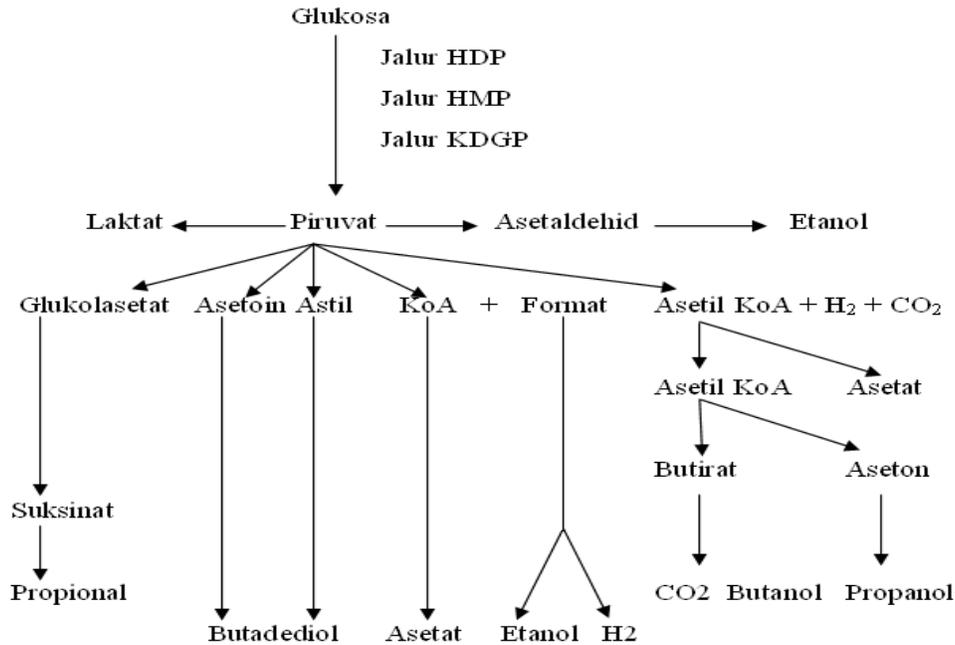
2. Jenis mikroba yang berperan dalam industri adalah bakteri, fungi, khamir, alge dan protozoa
 - a. Bakteri contohnya: *Zymomonas mobilis*, *Clostridium acetobutylicum*, *Acetobacter aceti*.
 - b. Fungi contohnya: *Aspergillus oryzae*, *Penicillium notatum*, *Rhizopus oligosporus*
 - c. Khamir contohnya : *Saccharomyces cerevisiae*, *Candida utilis*, *Saccharomyces pombe*.
 - d. Virus perlu dipelajari karena penyebab kontaminasi
 - e. Protozoa penting dalam penanganan limbah
 - f. Alge untuk produksi bahan makanan yaitu agar, protein sel tunggal.
3. Peranan mikroba dalam metabolismenya.
 - a. Katabolisme : fermentasi alkohol, aseton, butanol dan asam organik
 - b. Anabolisme : fermentasi polisakarida protein, asam nukleat, alkaloid.
4. Enzim yang berperan dalam fermentasi.
 - a. Katalisator enzim dapat mempercepat reaksi kimia 10^{12} – 10^{20} kali dibandingkan dengan katalisator anorganik.
 - b. Reaksi dengan menggunakan enzim untuk mendapatkan produk melalui degradasi tahap demi tahap.
 - c. Energi yang dihasilkan oleh enzim ditangkap lalu dilepas, tidak seperti katalisator anorganik.
 - d. Enzim dapat menurunkan energi aktivasi reaksi.
5. Substrat dasar yang digunakan dapat dari karbohidrat dan senyawa nitrogen organik.

Tabel 9.8 Macam-Macam Fermentasi Karbohidrat (Anonim 2006)

No.	Macam	Glikolisis	Hasil akhir utama
1	Fermentasi alkohol		
	- oleh khamir	HDP	etanol, CO ₂
	- oleh bakteri	EDP	etanol, CO ₂
2	Fermentasi asam laktat		
	- homofermentasi (homolaktat)	HDP	asam laktat, etanol
	- heterofermentasi (heterolaktat)	HMP	asam asetat dan CO ₂
3	Fermentasi asam propionat	HDP	asam propionat, asam asetat, CO ₂
4	Fermentasi asam butiran	HDP	Isopropanol.
5	Fermentasi asam campur	HDP	etanol, asetat, format, H ₂ , CO ₂ , laktat, suksinat.
6	Fermentasi butanediol	HDP	butanediol, etanol, laktat, suksinat, asetat, H ₂ , CO ₂ .

Peruraian glukosa menjadi asam piruvat dibedakan menjadi 3 jalur :

1. Jalur heksosa difosfat (HDP), yaitu *Embden-Meyerhoff-Parras* atau glikolisa.
2. Jalur heksosa monofosfat (HMP), yaitu jalur Warburg Dicken, jalur fosfoketolosa, atau jalur pentosa fosfat.
3. Jalur 2 keto-3 deoksi glukonat-6 fosfat (jalur KDGP), atau jalur *Entner Doudoroff*.



Gambar 9.12 Jalur Perubahan Asam Piruvat (Anonim 2006)

6. Tahapan fermentasi

a. Pemilihan mikroba

Mikroba yang dipakai dalam industri akan sangat bermanfaat bila disimpan untuk penggunaan lebih lanjut tanpa mengurangi kemampuan tumbuh dan produksinya. Ada dua macam kultur yaitu *primary culture* dan *working culture*.

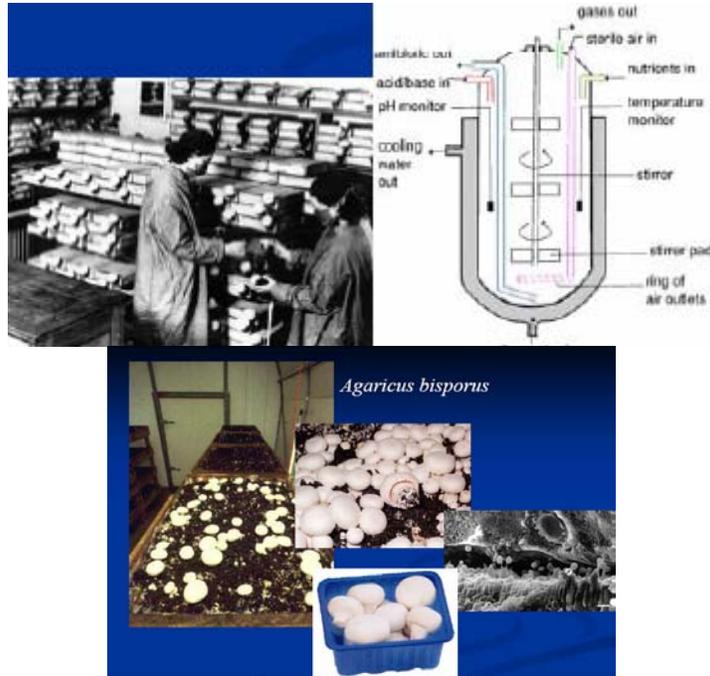
b. Media fermentasi

Media sangat penting dalam fermentasi karena mikrobia mampu tumbuh pada substrat tersebut. Media harus mengandung makronutrien. Media fermentasi dapat digolongkan menjadi dua macam yaitu media sintetik dan kompleks.

- c. Preparasi inokulum
Media untuk penyiapan inokulum biasanya berbeda dengan media fermentasi. Media untuk inokulum untuk menghasilkan sel mikroba dalam jumlah besar tanpa terjadi perubahan sifat genetik sel. Konsentrasi penggunaan 0,5 % sampai

5 % volume, kadang 10 % - 20 % inokulum yang terlalu sedikit mengakibatkan waktu fermentasi menjadi lama dan produktivitas menurun.

- d. Kontrol proses fermentasi dan pengunduhan produk.



Gambar 9.13 Contoh Aplikasi Teknologi Fermentasi (Anonim, 2005)

9.5. Genetically Modified Organism (GMO) dalam Pangan

Deskripsi singkat

Bioteknologi adalah penggunaan tanaman, hewan, ataupun mikroba, baik secara keseluruhan maupun

sebagian, untuk membuat atau memodifikasi suatu produk makhluk hidup ataupun merubah spesies makhluk hidup yang sudah ada. Rekayasa genetika merupakan suatu proses bioteknologi modern dimana sifat-sifat dari suatu makhluk hidup dirubah dengan cara memindahkan gen-gen dari satu spesies makhluk hidup ke spesies yang lain, ataupun memodifikasi gen-gen dalam satu spesies.



Gambar 9.14 Aplikasi Bioteknologi pada Tanaman Pisang (Jennifer, 2006)

GMO (*Genetically Modified Organism*) adalah organisme (dalam hal ini lebih ditekankan kepada tanaman dan hewan) yang telah mengalami modifikasi genome (rangkaian gen dalam kromosom) sebagai akibat ditransformasikannya satu atau lebih gen asing yang berasal dari organisme lain (dari species yang sama sampai divisio yang berbeda). Gen yang ditransformasikan diharapkan dapat mengeluarkan atau mengekspresikan suatu produk yang bermanfaat bagi manusia. Secara sederhana GMO adalah organisme (dalam hal ini tanaman atau hewan) yang dapat menghasilkan suatu zat yang asalnya zat tersebut tidak bisa atau tidak biasa dia buat dalam jumlah yang meningkat.

Rekayasa GMO sudah dimulai sejak tahun 1970-an, diawali dengan aplikasinya pada tanaman sehingga sampai kini tidak kurang dari 30 juta ladang tanaman yang ditanami GMO.

Jenis-Jenis GMO Tanaman

Berbagai jenis GMO tanaman yang dikelompokkan atas karakteristik khasnya antara lain sebagai berikut:

1. Toleran terhadap tekanan biotik dan abiotik

Contoh yang termasuk kategori tahan faktor biotik misalnya padi yang tahan terhadap virus RYMV dengan teknik imunisasi genetik untuk jenis padi yang tumbuh di daerah sahara. Lainnya adalah tanaman papaya yang tahan virus ring spot, tanaman kentang yang tahan hama blight. Di lain pihak contoh-contoh yang tahan faktor abiotik misalnya tanaman yang tahan aluminium pada jenis tanah asam, tahan kekeringan, tahan panas, tahan dingin dan yang tahan garam.

2. Tanaman yang tahan Serangga dan herbisida.

Tanaman yang tahan serangga yang sudah banyak dikenal adalah yang mengandung gen dari bakteri *Bacillus thuringiensis* (gen Bt) yang dapat memproduksi protein yang dapat membunuh insek. Adapun tanaman yang tahan terhadap herbisida dibuat mengandung gen yang dapat menghasilkan inhibitor bagi enzim target dari suatu herbisida.

3. Tanaman yang mengandung nilai gizi khusus.

Contoh tanaman ini adalah (*golden rice*), yaitu padi yang banyak mengandung likopen dan beta karoten. Padi yang banyak mengandung zat besi karena mengandung jenis protein yang dapat mengikat besi.

4. Tanaman yang mengandung pharmaceuticals.

Sudah ada padi dan gandum yang dapat menghasilkan antibodi anti kanker, yang dapat mengenal sel-sel kanker paru-paru, kanker buah dada dan kanker usus, sehingga dapat diharapkan membantu diagnosa dan terapi dari jenis-jenis kanker tersebut. Tanaman yang dapat menghasilkan zat anti kanker vinblastin dan vincristine yang berguna dalam pengobatan penyakit limfoma Hodgkin.

5. Tanaman yang mengurangi dampak negatif lingkungan.

Beberapa jenis tanaman memerlukan guludan yang tinggi. Guludan semacam ini mudah terancam erosi. Oleh sebab itu tanaman jenis ini harus dibuat tahan terhadap jenis penyakit akar, sehingga guludannya dapat dibuat tidak terlalu tinggi.

Keuntungan dan Kerugian Modifikasi Genetik

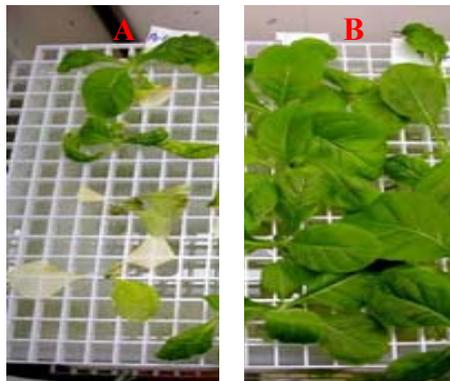
Keuntungan:

1. Panen Lebih Besar: tanaman rekayasa bisa meningkatkan panen di tanah yang luasnya terbatas, tanah miskin, atau kawasan yang rawan banjir.
2. Meningkatkan Nutrisi: kacang kedelai MG lebih banyak mengandung protein. Sama seperti beras, yang direkayasa sehingga mengandung zat besi, untuk mengatasi anemia.
3. Kesehatan Lebih Baik: tanaman yang mengandung vaksin akan mempermudah penyebaran vaksin dan membuat obat lebih mudah ditelan.
4. Bahan Kimia Lebih Sedikit: resistensi terhadap serangga hama tertentu akan mengurangi ketergantungan terhadap pestisida. Dengan tanaman yang menghasilkan zat herbisida (pembunuh rumput), maka petani hanya perlu menyemprot setahun sekali dan dan tidak selamanya tiga kali.

Kerugian:

1. Bahan alergi baru: manipulasi genetik sering menggunakan protein dari organisme yang tidak pernah menjadi bahan makanan, dan sebagian besar bahan alergi makanan berasal dari protein.
2. Resistensi terhadap antibiotik: gen resistensi-antibiotik sering digunakan sebagai "penanda" untuk menyeleksi sel-sel transgenik dan ada kemungkinan akan masuk ke jaringan tubuh manusia atau organisme lain. Hal ini akan menyebabkan persoalan baru bagi kesehatan.

3. Virus baru: gen viral pada tanaman yang direayasa dapat menyebabkan tanaman kebal terhadap virus kemungkinan dapat terkombinasi lagi dengan mikroba lain untuk menghasilkan virus hibrida yang lebih berbahaya.
4. Rumput baru: dalam lingkungan yang lebih luas, perkawinan antar tanaman kemungkinan menghasilkan "rumput super". Di samping itu tanaman hasil rekayasa kemungkinan dapat terbawa ke luar lahan pertanian dan meluas, sehingga merusak seluruh ekosistem.
5. Resistensi terhadap hama: dalam waktu lama, hama dapat kebal terhadap tanaman yang menghasilkan pestisida, sehingga pestisida menjadi tidak efektif lagi.



Gambar 9.15 Pertumbuhan Tanaman Tembakau dengan Modifikasi Gen Tahan Kekeringan (Tanpa Pemberian Air Selama 14 Hari). (A) Tembakau Non Transgenik (B) Tembakau Transgenik

Sumber : Thomson, 2006.

9.6. Bioteknologi Bakteri Asam Laktat

Klasifikasi dan Karakterisasi

Bioteknologi bakteri asam laktat adalah penggunaan/pemanfaatan bakteri asam laktat untuk membuat atau memodifikasi suatu produk (bahan pangan/pangan) menjadi suatu produk yang lebih berkualitas.

Bakteri asam laktat terdiri atas beberapa genus yaitu *Lactobacillus*, *Leuconostoc*, *Pediococcus*, *Streptococcus*, *Carnobacterium*, *Aerococcus*, *Enterococcus*, *Lactococcus*, *Vagococcus*, *Tetracoccus* dan *Bifidobacterium* (Salminen *et al*, 2004).

Berdasarkan sifat memfermentasinya bakteri asam laktat dibedakan menjadi dua kelompok yaitu BAL homofermentatif yang hanya menghasilkan asam laktat, dan BAL heterofermentatif yang menghasilkan asam laktat, etanol atau asam asetat, dan CO₂.

Penggunaan BAL dalam Fermentasi Susu

Sifat yang terpenting dari bakteri asam laktat adalah kemampuannya untuk memfermentasi gula menjadi asam laktat. Sifat ini penting dalam pembuatan produk-produk fermentasi seperti fermentasi sayuran (sauerkraut, pickel dan sebagainya), fermentasi susu

(keju, yoghurt, kefir dan sebagainya), fermentasi ikan dan daging. Produksi asam oleh bakteri asam laktat berlangsung secara cepat sehingga dapat menghambat pertumbuhan mikroba lain yang tidak diinginkan.

Genus yang banyak digunakan dalam fermentasi susu antara lain adalah *Streptococcus* dan *Lactobacillus* (Surono, 2004).

Streptococcus thermophilus mempunyai bentuk bulat (kokus) dengan diameter sel 0,7-0,9 μm . Pada susu, bakteri ini membentuk rantai panjang yang terdiri atas 10-20 sel. Berdasarkan aktivitas metabolisme karbohidrat, bakteri ini bersifat homofermentatif yang

mampu menghasilkan asam laktat sebagai produk metabolit utamanya. Asam laktat yang terbentuk berupa L(+) asam laktat. Memiliki suhu optimum bagi pertumbuhannya yaitu 38 $^{\circ}\text{C}$ dan akan terhenti pada suhu 10 $^{\circ}\text{C}$ (Robinson, 1999; Wahyudi, 2006).

Lactobacillus delbrueckii subsp. *bulgaricus* berbentuk batang dengan sel berukuran 0,5-0,8 μm x 2,0-9,0 μm . Pada susu, bakteri ini membentuk rantai pendek yang terdiri dari 3-4 sel. Memiliki suhu optimum pertumbuhannya yaitu 45 $^{\circ}\text{C}$. Bersifat homofermentatif dengan menghasilkan asam laktat yang berupa D(-) asam laktat sebesar 1,7-2,1 % pada susu (Robinson, 1999).



Gambar 9.16 Beragam Produk Fermentasi Susu Menggunakan BAL (Anonim, 2005)

BAL dalam Fermentasi Keju

Keju berasal dari kata Inggris kuno yaitu *cese* dan *chiese*, atau dari bahasa latin *caseus*. Kata-kata yang sama dalam bahasa Jerman

untuk keju adalah *kase*, sedangkan di Perancis *fromage* serta Spanyol dan Italia menamakan produk ini sebagai *queso* dan *formaggio*.

Keju terbuat dari bahan baku susu baik itu susu sapi, kambing, dan kerbau. Proses pembuatannya dilakukan dengan pembentukan dadih setelah terlebih dahulu melakukan pasteurisasi terhadap susu. Pasteurisasi ditujukan untuk menghilangkan bakteri patogen sekaligus menghilangkan bakteri pengganggu dalam proses pembuatan dadih.

Pembuatan dadih atau proses penggumpalan mulai terjadi saat ditambah starter kultur bakteri laktat, kultur bakteri ini menyebabkan terjadi fermentasi hingga pada pH tertentu. Enzim atau pun asam ditambahkan saat telah dicapai kondisi yang sesuai untuk enzim atau asam sehingga proses koagulasi tercapai. Penambahan enzim atau pun asam bertujuan untuk menurunkan pH hingga 4.5 dimana pH tersebut merupakan titik isoelektrik kasein.

Gumpalan susu yang terbentuk di dasar alat, kemudian diambil dengan cara filtrasi. Gumpalan susu ini kemudian dipres untuk mengeluarkan whey nya. Penambahan garam pada hasil gumpalan yang di filtrasi akan menghasilkan keju *cottage*. Untuk menghasilkan keju jenis lainnya, gumpalan susu yang disaring ini kemudian di pres dengan waktu yang bervariasi tergantung jenis keju yang diinginkan. Pada proses penekanan ini terjadi pula proses pematangan. Biasanya di Inggris proses pematangan memakan waktu lebih kurang 10 minggu sehingga menjadi keju yang dinamakan keju keras (*cheddar*)

sedangkan di Amerika untuk menghasilkan keju keras (*cheddar*) dengan terlebih dahulu dicelupkan dalam parafin untuk mencegah kekeringan, serta dibiarkan mengeras sekitar enam bulan.

Pada proses pematangan dapat ditambahkan mikroba-mikroba tertentu untuk menghasilkan keju yang diinginkan. Selama proses pematangan ini banyak senyawa-senyawa khas yang dihasilkan tergantung dari bakteri yang ditambahkan. Keju Swis yang khas dengan cita rasa asam propionatnya dihasilkan oleh bakteri *Propionibacterium shermani*. Selain itu lubang-lubang yang dihasilkan pun terjadi karena terbentuknya gas karbondioksida yang diproduksi selama fermentasi.

Ada lagi keju yang dinamakan keju Roquefort, yang berwarna biru khas. Keju ini berasal dari desa Roquefort di Perancis. Dalam prosesnya keju ini ditambahkan dengan jamur *Penicilin roqueforti*. Penambahan jamur selama proses pematangan ini mengakibatkan keju berurat dan warnanya menjadi biru yang khas.

Adapun keju *camemberti*, ditambahkan *Penicilin camemberti* pada proses pematangannya yang juga memberikan efek warna biru dan citarasa khas *camembert*. Adapun keju yang dikenal oleh para ibu-ibu yang sering membuat kastengel atau *cheese stick* adalah jenis keju *edam*. Keju ini berasal dari Belanda yang termasuk golongan keju keras (*hard cheese*) yang kadar airnya berkisar antara 20-42 persen.



Gambar 9.17. Contoh Jenis Keju (Anonim, 2005)

Penggunaan BAL sebagai Pengawet

Menurut Ray (2004) dalam proses pengolahan makanan, BAL selain berperan sebagai fermentatif, juga berperan sebagai biopreservatif (pengawet). BAL dapat digunakan sebagai pengawet karena dapat menghasilkan senyawa antimikroba yang mampu menghambat pertumbuhan mikroorganisme lain. Senyawa antimikroba tersebut antara lain adalah asam laktat, hidrogen peroksida (H_2O_2), diasetil, karbondioksida (CO_2) dan bakteriosin (De Vuyst dan Vandamme, 1994).

Aktivitas senyawa antimikroba ini terhadap mikroorganisme lain dapat bersifat *bakteriostatik* atau *bakterisidal*. Bakteriostatik yaitu mampu menghambat pertumbuhan mikroorganisme tetapi tidak menyebabkan kematian, sedangkan bakterisidal yaitu mampu menyebabkan kematian mikroorganisme. Hal ini tergantung dari jenis, karakteristik dan konsentrasi senyawa antimikroba yang dihasilkan (Hyde, 1983; Salminen *et al*, 2004).

Asam laktat merupakan metabolit utama yang dihasilkan oleh BAL dalam proses metabolisme karbohidrat. Metabolit ini bersifat antimikroba terhadap pertumbuhan mikroorganisme sehingga berpotensi digunakan sebagai pengawet alami makanan. Menurut Ray (2004), penggunaan asam laktat dengan konsentrasi sebesar 1-2 % pada pH 5 atau lebih dalam makanan, mampu menghambat pertumbuhan bakteri positif dan negatif Gram. Pada pH di bawah 5, asam laktat yang dihasilkan efektif dalam mematikan jumlah populasi bakteri negatif Gram.

Mekanisme penghambatan terjadi karena asam laktat dalam bentuk tidak terdisosiasi dapat menembus membran sel. Ion H^+ dalam sitoplasma akan mengganggu gradien proton dan selanjutnya akan mengganggu transportasi nutrisi, sehingga ion ini harus dikeluarkan dari sel. Pelepasan ion H^+ dari sel membutuhkan energi, akibatnya energi yang tersedia untuk pertumbuhan sel menjadi berkurang dan sel lambat laun akan mati. Selain itu, asam laktat yang dihasilkan dalam fermentasi juga mampu menurunkan pH dan keadaan ini akan mengganggu aktivitas enzim sehingga sel tidak dapat melakukan aktivitas metabolisme (Ray, 2004).

Umumnya BAL dapat mengakumulasi H_2O_2 karena tidak mempunyai enzim katalase. H_2O_2 bersifat oksidator yang dapat mengoksidasi komponen sel bakteri, sehingga menyebabkan kerusakan struktur sel bakteri

tersebut. Penggunaan H₂O₂ dengan konsentrasi sebesar 6-8 µg/mL dapat menimbulkan efek bakteristatik, sedangkan dengan konsentrasi 30-40 µg/mL dapat menimbulkan efek bakterisidal (Ray, 2004).

Diasetil merupakan senyawa pembentuk aroma yang dihasilkan oleh BAL dalam metabolisme karbohidrat. Senyawa ini lebih efektif menghambat bakteri negatif Gram dibandingkan dengan bakteri positif Gram. Konsentrasi penghambatan bakteri negatif Gram oleh diasetil sebesar 200 µm/mL, sedangkan bakteri positif Gram sebesar 300 µm/mL. Namun mekanisme penghambatannya belum diketahui secara pasti (William *et al.*, 1996; Surono, 2004).

Menurut Naidu (2000), bakteriosin didefinisikan sebagai senyawa polipeptida yang bersifat antimikrobal terhadap pertumbuhan

mikroorganisme. Bakteriosin yang dihasilkan oleh BAL ada yang mempunyai aktivitas penghambatan dengan spektrum luas dan juga ada yang berspektrum sempit. Efek bakterisidal terjadi pada bakteri positif Gram dan yang berkerabat dekat dengan bakteri penghasil. Menurut Kusumawati (2000), *S. thermophilus* menghasilkan bakteriosin thermophilin, sementara *L. delbrueckii* subsp. *bulgaricus* menghasilkan bulgarin.

Mekanisme kerja bakteriosin diawali dengan absorpsi oleh reseptor spesifik yang terdapat pada permukaan sel bakteri dan masuk melalui dinding sel. Setelah molekul bakteriosin kontak dengan membran, menyebabkan membran sitoplasma menjadi tidak stabil. Akibatnya viabilitas sel menurun dan menyebabkan keluarnya material yang terdapat dalam inti sel sehingga sel menjadi mati (Holzapfel *et al.*, 1995).



Gambar 9.18 Bakteriosin dan Nisin Sebagai Pengawet Pada Produk Sosis (Anonim, 2005)

Pengembangan BAL sebagai Probiotik

Kata probiotik berasal dari bahasa Yunani yang artinya untuk hidup. Pertama kali diperkenalkan oleh Lilley dan Stilwell pada tahun 1965 yang mendefinisikan probiotik sebagai mikroba yang dapat menstimulasi pertumbuhan mikroba lain, sebagai lawan kata dari antibiotic. Salminen dan Wright (1983) mendefinisikan probiotik sebagai sejumlah bakteri hidup atau produk susu yang difermentasi atau suplemen makanan yang mengandung bakteri asam laktat dalam kondisi hidup. Definisi ini selanjutnya berkembang menjadi sejumlah bakteri hidup atau sediaan sel mikroba yang menguntungkan kehidupan inangannya (Salminen *et al.*, 1999). Menurut Fuller (1992) probiotik merupakan bakteri hidup yang menguntungkan inangnya melalui perbaikan keseimbangan mikrobiota dalam saluran usus

inang. Probiotik dengan kualitas tinggi dari galur bakteri asam laktat antara lain yaitu *Lactobacillus*, *Streptococcus*, dan *Bifidobacterium*.

Probiotik dianggap memberikan dampak positif bagi keseimbangan flora bakteri usus, meningkatkan system imun, menurunkan kandungan kolesterol darah, serta dapat menghambat bakteri pathogen karena mampu bersaing hidup (tempat dan nutrisi) serta menghasilkan asam laktat dan antimikroba (bakteriosin). Dalam bahan pangan, kriteria suatu bakteri probiotik harus memenuhi syarat yaitu diisolasi dari manusia sebagai bakteri indigenus, aman bagi manusia, dapat menghambat bakteri patogen, memiliki ketahanan terhadap asam lambung dan garam empedu serta mempunyai sifat mampu menempel pada usus manusia. Beberapa galur bakteri asam laktat yang sudah dikomersialkan antara lain seperti pada Tabel 9.9

Tabel 9.9 Strain *Lactobacillus* dan Distributornya (Bintang, 2000)

Strain	Distributor
<i>Lactobacillus rhamnosus</i> GG	Valio, Finlandia, Campina, Melkunie dan Belanda
<i>L. acidophilus</i> NCFM	Rodia, WI, USA
<i>L. casei</i> Shirota	Yakult, Jepang
<i>L. reuteri</i> MM53	BioGaia, Swedia
<i>L. casei</i> CRL431	Chr, Hansen, WI, USA
<i>L. rhamnosus</i> GR-1	Urex, London, Canada
<i>L. fermentum</i> RC-14	Urex, London, Canada

Produk yang telah diklaim sebagai produk berprobiotik dan banyak dikenal masyarakat di antaranya yaitu yoghurt. Produk ini adalah

susu yang difermentasi oleh *L. bulgaricus* dan *streptococcus thermophilus* dengan perbandingan satu banding satu. Yoghurt

mempunyai tekstur semi padat akibat terjadinya koagulasi kasein susu dengan pH asam sekitar 4,2 – 4,4. Beberapa manfaat dari yoghurt antara lain menurunkan kadar kolesterol darah, membantu penyerapan kalsium dan fosfor serta menghasilkan senyawa antibakteri (Bintang, 1994; Bintang dan Siburian, 1999; *dalam* Orasi Ilmiah Bintang, 2000).



Gambar 9.19 Produksi Yoghurt Skala Industri (Anonim, 2005)

Rangkuman

Pertumbuhan adalah peningkatan jumlah sel organisme dan perbesaran ukuran sel. Pertumbuhan mikroba dalam bioreaktor terjadi secara pertumbuhan individu sel dan pertumbuhan populasi. Pertumbuhan mikroba dipengaruhi oleh berbagai faktor lingkungan, di antaranya yaitu suhu, pH, aktivitas air, adanya oksigen, dan tersedianya zat makanan. Mikroba menggunakan komponen-komponen kimia di dalam substrat sebagai sumber energi untuk berkembang biak dan membentuk sel-sel baru.

Bakteri tumbuh dengan cara pembelahan biner, yang berarti dari satu sel membelah menjadi dua sel. Waktu yang dibutuhkan oleh sel untuk membelah disebut waktu generasi. Waktu ini bervariasi tergantung pada spesies dan kondisi pertumbuhan.

Beberapa contoh mikroba yang sering dibahas atau terdapat dalam makanan antara lain seperti *E. coli*, *Endomycopsis*, *Pseudomonas*, *Candida*, *Bacillus subtilis*, *Staphylococcus*, *Streptococcus faecalis*, *Saccharomyces ellipsoideus*, *Rhizopus* dan *Aspergillus niger*. Beberapa di antaranya digunakan untuk proses fermentasi metabolit primer maupun fermentasi metabolit sekunder dengan jenis mikroba yang berbeda untuk tipe fermentasi yang berbeda. Tahapan fermentasi meliputi pemilihan mikroba, media fermentasi, preparasi inokulum, kontrol proses fermentasi dan pengunduhan produk.

Rekayasa genetika merupakan suatu proses bioteknologi modern dimana sifat-sifat dari suatu makhluk hidup dirubah dengan cara memindahkan gen-gen dari satu spesies makhluk hidup ke spesies yang lain, ataupun memodifikasi gen-gen dalam satu spesies. GMO (*Genetically Modified Organism*) adalah organisme (dalam hal ini lebih ditekankan kepada tanaman dan hewan) yang telah mengalami modifikasi genome (rangkainan gen dalam kromosom) sebagai akibat ditransformasikannya satu atau lebih gen asing yang berasal dari organisme lain (dari species yang sama sampai divisio yang berbeda).

Rekayasa genetika pada tanaman akan memberikan banyak keuntungan, akan tetapi kemungkinan juga akan menimbulkan kerugian.

Bioteknologi bakteri asam laktat adalah penggunaan/pemanfaatan bakteri asam laktat untuk membuat atau memodifikasi suatu produk (bahan pangan/pangan) menjadi suatu produk yang lebih berkualitas. Penggunaan bakteri asam laktat diantaranya dalam fermentasi susu, keju, sebagai pengawet maupun sebagai probiotik.

Soal Latihan

1. Mengapa pengetahuan mengenai kurva pertumbuhan mikroba sangat penting?
2. Apakah pengertian bakteri *termofilik* ?
3. Apakah definisi proses fermentasi?
4. Sebutkan beberapa contoh fermentasi metabolit primer?
5. Mengapa sari buah anggur merupakan medium fermentasi *wine* yang baik?
6. Sebutkan beberapa bahan yang dapat digunakan membuat cuka?
7. Apakah pengertian rekayasa genetika?
8. Apakah pengetahuan bioteknologi bakteri asam laktat?

X. ANALISIS KELAYAKAN USAHA

10.1. Pengantar

Kebutuhan pangan semakin hari semakin banyak seiring dengan perkembangan penduduk, sementara itu ketersediaan lahan pertanian semakin menyempit dengan makin banyaknya jumlah penduduk.

Untuk melakukan usaha agroindustri di bidang pangan, maka selain menguasai teknologi pengolahan maka juga diperlukan pengetahuan analisis kelayakan usahanya.

Jenis-jenis usaha di bidang agroindustri pangan sangat banyak jenis atau ragamnya. Sehingga dalam kesempatan ini hanya dibahas salah satu jenis komoditas hasil pengolahan produk pangan, yaitu usaha agroindustri produksi tempe.

10.2. Usaha Agroindustri Tempe

Tempe merupakan salah satu produk olahan kedelai yang difermentasi menggunakan kapang. Produk ini banyak memiliki kelebihan kandungan nutrisi dibandingkan dengan kedelai.

10.3. Pinjaman Modal

Pinjaman modal usaha untuk biaya tetap dan biaya variabel sebesar Rp 79,430,000. Besarnya suku bunga diasumsikan 12%/tahun rata (flat). Jangka waktu pinjaman dan cicilan selama 5 tahun. Grace period 1 tahun, cicilan dan bunga dibayar mulai tahun kedua sampai tahun ke lima. Tabel 10.1 menunjukkan perhitungan bunga dan cicilan. Bunga dihitung berdasarkan perkalian antara besarnya pinjaman dengan besarnya bunga 60%. Cicilan setiap bulan dihitung dengan membagi jumlah pinjaman dan bunga selama 60 bulan (5 tahun).

10.4. Skala Usaha

Usaha agroindustri produk tempe dilakukan dengan skala usaha 100 kg/hari atau 2.500 kg atau 2.5 ton kedelai per bulan. Asumsi produksi per bulan rata-rata 25 hari kerja. Jumlah tenaga kerja yang terlibat diasumsikan 5 orang/bulan. Rata-rata upah per orang diasumsikan Rp 700.000,-

10.5. Biaya Produksi

Biaya produksi dikelompokkan menjadi biaya tetap (*Fix Cost*) dan biaya tidak tetap (*Variable Cost*). Biaya tetap merupakan biaya-biaya yang tidak terpengaruh dengan volume produksi. Biaya variabel merupakan biaya yang berubah-ubah sesuai dengan volume produksi.

10.5.1. Biaya Tetap

Yang termasuk biaya tetap pada usaha agroindustri produksi tempe adalah peralatan, bangunan, perijinan dan overhead cost (biaya dimuka untuk pengurusan administrasi) dll. Contoh tertera pada tabel 10.2 besarnya biaya tetap adalah Rp 72.500.000,-

10.5.2. Biaya Variabel

Yang termasuk biaya variabel antara lain bahan baku (kedelai), ragi tempe, bahan kemasan, tenaga kerja, listrik, bahan bakar dll. Contoh perhitungan biaya variabel tertera pada Tabel 10.3 Besarnya biaya variabel adalah Rp 11.060.000,-

10.5.3 Total Biaya

Total biaya merupakan penjumlahan dari biaya tetap dan biaya variabel. Dari perhitungan usaha agroindustri produksi tempe, maka biaya yang diperlukan = Rp72.500.000 +Rp11.110.000 = Rp 83.610.000,-

Tabel 10.1 Biaya Tetap (*Fix Cost*)

No	Deskripsi	Unit	Satuan	Harga	Jumlah
1	<i>Dish Mill</i> (penggiling dan pengupas kedelai)	1	unit	7.000.000	7.000.000
2	Tong kayu (untuk merendam kedelai), kapasitas 50 kg kedelai basah atau 25 kg kedelai kering	4	unit	500.000	2.000.000
3	<i>Plastic sealer</i> (alat penutup kantong plastic)	1	unit	500.000	500.000
4	Sepeda motor (alat transportasi)	1	unit	15.000.000	15.000.000
5	Pemanas/ kompor <i>semawar</i>	2	unit	750,000	1,500,000
6	Nyiru bambu, diameter 90 cm	6	buah	100,000	600,000
7	Nyiru bambu, diameter 60 cm	20	buah	50,000	1,000,000

No	Deskripsi	Unit	Satuan	Harga	Jumlah
8	Ember, diameter 40-50 cm	12	buah	75,000	900,000
Sub Total I				28,500,000	
9	Bangunan produksi	50	m2	500,000	25,000,000
10	Bangunan gudang bahan	10	m2	300,000	3,000,000
11	Sumur bor	1	buah	2000,000	2,000,000
12	Instalasi Listrik	1	unit	5,000,000	5,000,000
13	Generator (2.000 watt)	1	unit	7.000.000	7.000.000
Total Bangunan (Sub Total II)				42,000,000	
15	Ijin Tempat Usaha	1	ijin	500,000	500,000
16	Ijin Bangunan	1	buah	500,000	500,000
17	Proposal	1	dokumen	1,000,000	1,000,000
Total Overhead (Sub Total III)				2,000,000	
Total					72,500,000

Table 10.2 Biaya Variabel (Variable Cost)

Biaya Variabel (per Bulan)

No	Jenis	Satuan	Harga	Jumlah
1	Tenaga Kerja	5 OB	700,000	3,500,000
2	Tenaga Admin	1 OB	700,000	700,000
3	Listrik	1 bulan	50,000	50,000
4	Kedelai	2500 kg	10,000	25,000,000
5	Ragi tempe	2.5 kg	20,000	50,000
6	Kemasan	25 kg	60,000	1.500,000
7	Gas elpiji	5 tabung	80,000	400,000
8	Operasional Kantor	1 bulan	300,000	300,000
9	Operasional Kendaraan	1 bulan	20,000	500,000
10	Sewa kendaraan	1 bulan	500,000	500,000
11	Sewa bangunan	1 bulan	300,000	300,000
12	Sewa alat	1 bulan	200,000	200,000
				33,000,000

10.6. Perhitungan Pendapatan

10.6.1. Pendapatan (sewa alat dan bangunan)

Pengertian sewa alat dan bangunan yang dimaksud merupakan biaya penyusutan peralatan, bangunan dan kendaraan. Biaya-biaya tersebut akan digunakan untuk membayar cicilan pinjaman, pemeliharaan peralatan, kendaraan dan gedung. Sehingga pendapatan tersebut

tidak diperhitungkan dalam perhitungan pendapatan dari hasil penjualan. Jumlah pendapatan dari penyusutan alat, kendaraan dan bangunan per bulan = Rp 500.000,- + Rp 300.000,- + Rp 200.000,- = Rp 1.000.000,-.

Dengan jumlah pemasukan dari uang penyusutan alat, bahan dan kendaraan diasumsikan per bulan tetap (Rp 1.000.000,-), maka dalam kurun waktu 73 bulan atau 6 tahun 1 bulan akan terkumpul Rp 73.000.000,- (lebih besar dari biaya fixed cost).

10.7. Hasil Penjualan

Hasil produksi per bulan diperkirakan dari 2.500 kg kedelai

maka akan diperoleh tempe 4.000 kg atau setara dengan 80.000 kemasan tempe @ 50 g. Apabila harga jual Rp 450 per kemasan, maka hasil penjualan = 80.000 x Rp 500,- = Rp 40.000.000,-

Perkiraan keuntungan/bulan = Rp 40.000.000 – Rp 33.000.000 = Rp 6.000.000,-

10.8. BEP (Break Even Point)

BEP merupakan suatu kondisi dimana diperoleh kalkulasi yang impas usaha agroindustri tempe pada posisi tidak rugi dan tidak untung. Perhitungan BEP dapat dilakukan dengan satuan harga dan satuan jumlah produk. Masing-masing dijelaskan sbb:

10.8.1. BEP Unit (berdasarkan satuan jumlah produk)

$$\text{BEP} = \frac{\text{Total biaya tetap}}{\text{Harga jual per satuan} - \text{biaya variabel per satuan}}$$

- Biaya tetap = Rp 72.500.000,-
- Biaya variabel per kemasan tempe = Rp 33.000.000,- : 80.000 = Rp 412,5

$$\text{BEP} = \frac{\text{Rp 72.500.000,-}}{\text{Rp 500,-} - \text{Rp 412,5}} = \frac{72.500.000}{87,5} = 828.572$$

Dengan produksi tempe 80.000 kemasan tempe (2.500 kg kedelai) per bulan maka BEP akan dicapai pada awal bulan ke 11.

10.8.2. BEP berdasarkan harga

$$\text{BEP} = \frac{\text{Total biaya tetap}}{1 - \frac{\text{Total biaya variabel}}{\text{Total hasil penjualan dalam rupiah}}}$$

$$\text{BEP} = \frac{\text{Rp } 72.500.000}{1 - \frac{\text{Rp } 33.000.000}{\text{Rp } 36.000.000}} = \frac{\text{Rp } 72.500.000}{1 - 0,917} = \frac{\text{Rp } 72.500.000}{0,083}$$

$$\text{BEP} = \text{Rp } 873.493.976,-$$

Jadi BEP dicapai pada awal tahun ke 3, pada saat pendapatan sebesar Rp 163.104.612,-

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 1980b. PNKP Padalarang. Laporan Biro Engineering. Padalarang.
- Anonim. 1992. USDA/FDA Consumer Bulletin: January 1992, vm.cfsan.fda.gov/~dms/eggs.html
- Anonim... Daily Fress Eggs. www.dailyfresheggs.com.au.
- Anonim... Egg Shopping Guide. www.hormel.com/templates/knowledge/knowledge.asp?catitemid=2&id=181
- Anonim... Foodservice Professionals. www.aeb.org/professional/egg_safety.htm
- Anonim. (tanpa tahun). Pengantar Mikrobiologi Industri. Diakses 20 Desember 2005 dari <http://www.google.co.id>
- Anonim, (tanpa tahun). Pencemaran. Diakses 20 Desember 2005 dari <http://id.wikipedia.org/wiki/Pencemaran>
- Anonim, 2005. Food Safety (Guideline Distance Education). Seafast Center IPB. Bogor
- Anonim. 2005. Industrial Fermentation. Diakses 14 Desember 2005 dari www.google.com/
- Anonim^a. (tanpa tahun). Probiotik. Diakses 20 Oktober 2007 dari www.google.com/growth_microorganism.
- Anonim.^b (tanpa tahun). Probiotik. Diakses 20 Oktober 2007 dari www.id.wikipedia.org/probiotik-yoghurt.
- Anonim. 2006. Mikrobiologi Industri. Diakses 08 Januari 2006 dari www.google.com/
- Anonim, 2007. Keamanan Pangan "Food Safety" Industri. Diakses 30 Oktober 2007 dari <http://teknofood.blogspot.com/2007/04/keamanan-pangan-food-safety-industri.html>
- Anonim. (tanpa tahun). Industril Fermentation. Diakses 04 September 2007 dari www.google.com/fermentation
- Anonim, 2000. Cari Tahu Tentang Telur Dari Pemilihan, Penyimpanan, sampai Teknik Merebus yang Rumit. Sedap Sekejap Edisi 6/1 Mei 2000.
- Anonim. 2001. Daftar Komposisi Zat Gizi Makanan Indonesia. Departemen Kesehatan RI. Badan Penelitian dan Pengembangan Kesehatan. Pusat Penelitian dan Pengembangan Gizi. Bogor.
- Anonim, 2002. Food Safety Facts For Consumers. Center for Food Safety and Applied Nutrition, U.S. Food and Drug Administration. www.FoodSafety.gov, Hypertext updated by kwg/ear/dms2002-MAY-17
- Adiwilaga C.S dan SDI. Insyaf. 2005. Teh Sebagai Sumber Kesehatan dan Kebugaran. Makalah pada pertemuan

- Ilmiah Festival Teh. Desember. Bandung.
- Bachriansyah, S. 1997. Identifikasi Plastik. Makalah Pelatihan Teknologi
- Bambang BS. dan Purwako SB. Fisiologi dan Tekologi Pasca Panen Tanaman Holtikultura. Indonesia Australia, Estern University Project, Ausaid. Kerjasama Universitas Mataram dan Institut Pertanian Bogor.
- Bierley, A.W., R.J. Heat and M.J. Scott, 1988, Plastic Materials Properties and
- Bintang, M. 2000. Orasi Ilmiah "Aspek Biokimiawi Bakteri Asam Laktat Selain Sebagai Bibit Keju dan ypghurt". F-MIPA IPB. Bogor
- Bishcof, W. 1993. Abwasser Technik. B.G. Teuber, Stuttgart.
- Brody. A.L. 1972. Aseptic Packaging of Foods. Food Technology. Aug. 70-74.
- Brydson J.A. 1975. Platic Materials. 3th. Newnes-Butterworths. London
- Buckle KA et al. 1987. Ilmu Pangan. Penerjemah Purnomo H dan Adiono. UI Press.
- Buckle. K.A., R.A. Edwards, G.H. Fleet, M.Wootton. 2007. Ilmu Pangan. Penerjemah Hari Purnomo dan Adiono. Departement of Education and Culture Directorate General of Higher Education, International Development Program of Australia Universities and Colleges. Penerbit Universitas Indonesia.
- Casey, J.P. 1961. Pulp and Paper, vol.II Second Ed. International Publisher Inc.
- Christopher. H. 1981. Polymer Materials. Mac Millan Publishers LTD. London.
- Crawford. J.H. 2003. Composting of Agricultural Waste in Biotechnology Applications and Research. Paul N. Cheremisinoff and R. P.Ouellette (ed). p. 68-77.
- Crompton, T.R. 1979. Additive Migration from Plastic into Food. Pergamon Press.
- Davidson A., 1970. HandBook of Precision Engineering. Mc. Graw Hill Book
- Departemen Pertanian. Pengolahan Limbah Ternak Sapi Menjadi Pupuk Organik Berkualitas Tinggi (Lombok Tengah, Nusa Tenggara Barat Diakses 30 Oktober 2007 dari <http://database.deptan.go.id>
- Dewanti-H, R. 2005. Keracunan Pangan. Departemen Teknologi Pangan dan Gizi. Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor. Bogor. Diakses 02 November 2007 dari www.ipb.ac.id
- Direktorat Jenderal Industri Kecil Menengah Departemen Perindustrian, 2007. Pengelolaan Limbah Industri Pangan. Departemen Perindustrian RI. Jakarta
- Earle RL. 1982. Satuan Operasi dalam Pengolahan Pangan. Penerjemah Nasution Z. Sastra Hudaya.

- Erliza dan Sutedja. 1987. Pengantar Pengemasan. Laboratorium Pengemasan,
- Fardiaz, S. 1992. Mikrobiologi Pangan 1. PT Gramedia Pustaka, Jakarta.
- Fellows PJ. 1988. Food Processing Technology Principles and Practice. Ellis Horwood Limited. England.
- Flin R.A. and P.K. Trojan. 1975. Engineering Materials and Their Applications.
- Frazier, dan Westhoff. 1978. Food Microbiology. McGraw-Hill Book Co, New York.
- Fruits And Vegetables. The AVI Publishing. Co. Westport.
- Guideline Industri PT. Pulau Sambu Gunung. 2000. Penanganan Limbah. PT. PSG. Kepulauan Riau
- Hadi, R dan Srikandi F. 1990. Bakteri Asam Laktat dan peranannya dalam Pengawetan Makanan. Jurnal Media Teknologi Pangan. Jurusan Teknologi Pangan dan Gizi FTP-IPB. Bogor
- Harun Yahya,... Keajaiban Design di Alam. Harun Yahya Seruan Kepada Kebenaran. www.harunyahya.com/i...angan/bird_egg_2.jpg
- Haryono. 1996. Teknologi Tepat Guna. Pengawetan Telur Segar. Penerbit Kaisius. Jakarta.
- Heri PI. dan Nawawangsih AA.1999. Menyimpan Bahan Pangan. Penebar Swadaya.
- Hunnicliffe, H. 1993. Basic Food Hygiene Certificate Coursebook, The Institution of Environmental Health Officers, London.
- Hyde TA, Millor LD, Raphael S. 1983. Lync's Medical Laboratory Technology, 4th Edition. WB Saunders Company. Philadelphia.
- Isroi.(Peneliti pada Balai Penelitian Bioteknologi Perkebunan Indonesia). Pengomposan Limbah Padat Organik. Diakses 30 Oktober 2007 dari <http://www.google.co.id>
- Jenie BSL, Winiati PR. 1992. Penanganan Limbah Industri Pangan. Kanisius. Jogyakarta
- Jenie, BSL. 1987. Sanitasi dalam Industri Pangan. PAU-LSI IPB. Bogor
- Jennifer A Thomson. 2006. Biotechnology Reserct (JAT@science.uct.ac.za), Departemen Molekular dan Biologi Cell, University of Cape Town, Afrika Selatan.
- Joedodibroto, H. 1982. Plan Plantation Residues as an Alternative Source of
- Kartasapoetra, 1994. Teknologi Penanganan Pasca Panen. Rineka Cipta
- Ketaren S. 1986. Pengantar Teknologi Minyak dan Lemak Pangan. UI Press.
- Ketaren S. 1986. Pengantar Teknologi Minyak dan Lemak Pangan. UI Press.

- Loehr, R.C. 1974. Agricultural Waste Management. Academic Press, New York.
- Makfoeld D., Marseno D.W., Hastuti P., Anggrahini S., Raharjo S., Sastrowuignyo S., Suhardi, Martoharsono S. Hadiwiyoto S. Tranggono. 2002. Kamus Istilah Pangan dan Gizi. Kanisius. Yogyakarta.
- Mathlouthi, M. 1994. Editor. Food Packaging and Preservation. Blackie Academic & Professional. Chapman & Hall. London.
- Melawati. 2006. Optimasi Pro-ses Maserasi Panili (*Vanilla planifolia* Andrews) Hasil Modifikasi Proses Kuring [skripsi]. Bogor: Fateta-IPB.
- Melawati. 2006. Optimasi Proses Maserasi Panili (*Vanilla planifolia* Andrews) Hasil Modifikasi Proses Kuring [skripsi]. Bogor: Fateta-IPB.
- Moavenzadeh F. and H.F. Taylor. 1995. Recycling and Plastics. Center for Construction Research and Education Departement of Civil and Environtmental Engineering Massachuett Institute of Technology.
- Muchtadi D. 1992. Petunjuk laboratorium Fisiologi Pasca Panen Sayuran dan Buah-Buahan. Departemen Pendidikan dan Kebudayaan. Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi. Pusat Antar Universitas Pangan dan Gizi. Institut Pertanian Bogor.
- Naidu AS. 2000. Natural Food Microbial System. CRC Press. New York. 2000
- Nathanson, J. A. 1997. Basic Environmental Technology. 2nd ed. Prentica Hall, Ohio.
- Nazution Z., Wachyudin T. 1975. Pengolahan Teh. Jurusan Teknologi Industri Pertanian. Fateta-IPB. Bogor
- Nester EW, Anderson DG, Robertf JR. 2001. Microbiology a Human Perspective, Third Edition. McGraw-Hill. New York.
- Paine, F.A. dan H.Y. Paine, 1992. Editor. A Handbook of Food Packaging. Second Edition. Blackie Academic & Professional. Chapman & Hall. London.
- Pandit S. IG. 2004. Teknologi Penanganan dan Pengolahan Ikan. Universitas Warmadewa. Bali.
- Pelczar et. Al, dkk. 1977. Microbiology. Tata McGraw-Hill Publ. Co. Ltd, New Delhi.
- Peleg. K. 1985. Produce Handling Packaging and Distribution. The AVI Publishing.
- Pencegahannya. Ghalia Indonesia. Jakarta.
- Pengemasan Industri Makanan dan Minuman, Departemen Perindustrian dan Perdagangan, Bogor 29 November 1997

- Phillip J. Clauer, 1997. Proper Handling of Eggs : From Hen to Consumption. Small Flock Factsheet, Number 9, Posted October 1997. Virginia Cooperative Extension Knowledge for the Commonwealth. Virginia State University
- Ray B. 2004. Fundamental Food Microbiology, Third Edition. CRC Press. New York.
- Robinson RK. 1999. Yoghurt. *dalam* Robinson RK, Batt CA dan Patel PD (Ed) Encyclopedia of Food Microbiology II, 784-790. Academic. London.
- Roja, A. (tanpa tahun). Teknologi Pembuatan Kompos Kotoran Ternak Diakses 30 Oktober 2007 dari http://sumber.litbang.deptan.go.id/ttg_komposternak.
- Rynk R, 1992. On-Farm Composting Handbook. Northeast Regional Agricultural Engineering, Service Pub. No. 54. Cooperative Extension Service. Ithaca, N.Y. 1992; 186pp. A classic in on-farm composting. Website: www.nraes.org
- Sacharow. S. and R.C. Griffin. 1980. Principles of Food Packaging. The AVI
- Salminen S, Wright AV, Arthur Ouwehand. 2004. Lactic Acid Bacteria *Microbiological and Functional Aspects*, Third Edition, Revised and Expanded. Marcel Dekker Inc. New York.
- Saraswati (ed.). 1993. Mengawetkan Daging. Bhratara. Jakarta.
- Sofyaningsih M. 1992. Mempelajari Proses Pengolahan Daging Sapi dan Ayam di PT Kemfoods, Jakarta [Laporan Praktek Lapang]. Bogor: Fateta-IPB.
- Sofyaningsih M. 2007. Retensi Vanilin [Laporan Praktek Lapang]. Bogor: Fateta-IPB.
- Sofyaningsih M. 2007. Retensi Vanilin pada Produk Ekstrak Pekat dan Pasta Vanili Selama Penyim-panan [Tesis]. Bogor: Fateta-IPB.
- Sofyaningsih M. 1992. Mempelajari Proses Pengolahan Daging Sapi dan Ayam di PT Kemfoods, Jakarta [Laporan Praktek Lapang]. Bogor: Fateta-IPB.
- Somali L., Marudut, Muthia S. dan Aminarti ET. Buku Pegangan Praktek Ilmu Teknologi Pangan. Proyek Pendidikan Tenaga Kesehatan Pusat. Aka-demi Gizi Jakarta.
- Sudjatha W.dan Wisaniyasa. 2001. Pengantar Teknologi Pangan. Program Studi Teknologi Pertanian Universitas Udayana Denpasar
- Supardi, I dan Sukamto, 1999. Mikrobiologi dalam Pengolahan dan Keamanan Pangan. Penerbit Alumni Bandung
- Suryani A, Hambali E, dan Rivai M. 2004. Membuat Aneka Selai. Penebar Swadaya. Jakarta.

- Suryani A, Hambali E, dan Rivai M. 2004. *Membuat Aneka Selai. Penebar Swadaya.* Jakarta.
- Suyitno. 1990. *Bahan-bahan Pengemas.* PAU. UGM. Yogyakarta.
- Swasembada Ekspor. Departemen Pertanian. Jakarta.
- Syarief.R., S. Santausa dan Isyana. 1989. *Teknologi Pengemasan Pangan, Teknologi Pangan.* Penerbit PT. Media. Jakarta.
- Tesfaye, W *et al.* 2004. Evolution of Wine Vinegar Composition During Accelerated Aging with Oak Chips. *J. of Elsevier*; 239-245 Diakses dari www.elsevier.com/locate/aca
- Thomas P. (1975), *Journal Food Science*, 40 (4).704-706. dalam Winarno. FG. 2002. *Fisiologi Lepas Panen Produk Holtikultura.* M-Brio Press Bogor.
- Wawo, B. (Penyuluh Pertanian Madya). (tanpa tahun). *Mengolah Limbah Kulit Buah Kakao Menjadi Bahan Pakan Ternak.* Diakses 30 Oktober 2007 dari <http://www.google.co.id>
- Wenas, R.I.F, Sunaryo, dan Styasmi, S. 2002. *Comperative Study on Characteristics of Tannery, "Kerupuk Kulit", "Tahu-Tempe" and Tapioca Waste Water and the Altemative of Treatment.*
- WHO, 2002. *WHO Global Strategy for Food Safety: Safer Food for Better Health.* WHO. Geneva.
- Wibowo S. 2002. *Industri Pengasapan Ikan. Penebar Swadaya.* Jakarta.
- Winarno FG dan Rahayu TS. 1994. *Bahan Tambahan untuk Makanan dan Kontaminan. Pustaka Si-nar Harapan.* Jakarta.
- Winarno FG dan Rahayu TS. 1994. *Bahan Tambahan untuk Makanan dan Kontaminan. Pustaka Sinar Harapan.* Jakarta.
- Winarno FG. 1994. *Sterilisasi Komersial Produk Pa-ngan.* PT Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- Winarno FG. 1994. *Sterilisasi Komersial Produk Pangan.* PT Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- Winarno, F.G. 1983. *Gizi Pangan, Teknologi dan Konsumsi.* Penerbit Gramedia.
- Winarno, F.G. 1987. *Mutu, Daya Simpan, Transportasi dan Penanganan*
- Winarno, F.G. dan Jennie. 1982. *Kerusakan Bahan Pangan dan Cara*
- Winarno, F.G. Moehammad A. 1979. *Fisiologi Lepas Panen. Sastra Hudaya.* Institut Pertanian Bogor.

KUNCI JAWABAN

BAB III

1. Manfaat pengecilan ukuran dalam pengolahan pangan adalah:
 - a. Meningkatkan rasio luas permukaan terhadap volume dari bahan pangan sehingga dapat meningkatkan kecepatan pengeringan, pemanasan, atau pendinginan.
 - b. Memperbaiki efisiensi dan kecepatan ekstraksi dari komponen terlarut (sebagai contoh ekstraksi jus dari potongan-potongan buah).
 - c. Menyebabkan pencampuran bahan-bahan lebih sempurna, contohnya dalam sup kering dan campuran kue.
2. Pencampuran adalah suatu satuan operasi yang ditujukan untuk memperoleh campuran yang homogen dari dua atau lebih komponen, baik bahan yang berbentuk kering maupun cair.
3. Ekstraksi adalah proses pemisahan komponen-komponen terlarut dari suatu campuran komponen tidak terlarut dengan menggunakan pelarut yang sesuai.
4. Empat contoh ekstraksi dalam pengolahan pangan yakni:
 - a. ekstraksi komponen flavor vanili dari vanili yang telah dikuring
 - b. ekstraksi minyak dari kelapa
 - c. ekstraksi kafein dari biji kopi
 - d. ekstraksi sari buah jeruk
5. Berdasarkan bentuk panas yang digunakan, proses termal ini secara garis besar dibedakan atas empat, yakni:
 - a. proses termal dengan menggunakan uap (*steam*) atau air sebagai media pembawa panas yang dibutuhkan, meliputi: blansir (*blanching*), pasteurisasi, sterilisasi, evaporasi, dan ekstrusi;
 - b. proses termal dengan menggunakan udara panas, yakni: dehidrasi (pengeringan) dan pemanggangan;
 - c. proses termal dengan menggunakan minyak panas, yaitu penggorengan (*frying*);
 - d. proses termal dengan menggunakan energi iradiasi, yaitu pemanasan dengan gelombang mikro (*microwave*) dan radiasi inframerah.
6. Perbedaan antara pendinginan dan pembekuan dalam hal suhu yang digunakan dan daya awetnya adalah:

	PENDI- NGINAN	PEMBE- KUAN
Suhu penyimpanan	-2 – 10 °C	-12 sd -24 °C
Daya awet	Beberapa hari –sd minggu	Beberapa bulan – sd tahun

7. Metode pengeringan yang dimaksud adalah:
 - a. Pengeringan dengan sinar matahari
 - b. Pengeringan dengan oven
 - c. Pengeringan dengan pengering makanan
 - d. Pengeringan dengan pengering beku
 - e. Pengeringan dengan pengering semprot
 - f. Pengeringan dengan pengering drum yang berputar
8. Produk-produk tersebut adalah selai, jeli, marmalade, manisan buah, buah dalam sirup, sirup, conserves, preserves, mentega buah, dan madu buah.
9. Tiga zat yang berperan dalam pembentukan struktur jeli adalah gula, asam, dan pektin.
10. Penggaraman termasuk pengawetan karena garam akan menarik air dari bahan sehingga mikroorganisme pembusuk tidak dapat berkembang biak karena menurunnya aktivitas air (a_w).
11. Fermentasi spontan adalah fermentasi yang berjalan alami, tanpa penambahan starter, misalnya fermentasi sayuran (acar/pikel, sauerkraut dari irisan kubis), terasi, dan lain-lain. Fermentasi tidak spontan adalah fermentasi yang berlangsung dengan penambahan starter/ragi, misalnya tempe, yoghurt, roti, dan lain-lain.
12. Bahan tambahan pangan yang dimaksud adalah: pemanis buatan; pengatur keasaman; pewarna; penyedap rasa dan aroma serta penguat rasa; pengawet; antioksidan dan antioksidan sinergis, antikempal; pemutih dan pematang tepung; pengemulsi, pemantap dan pengental; pengeras; sekuestran; enzim; penambah gizi; dan bahan tambahan lain (antibusa, humektan, dan lain-lain)
13. Manfaat pengecilan ukuran dalam pengolahan pangan adalah:
 - a. Meningkatkan rasio luas permukaan terhadap volume dari bahan pangan sehingga dapat meningkatkan kecepatan pengeringan, pemanasan, atau pendinginan.
 - b. Memperbaiki efisiensi dan kecepatan ekstraksi dari komponen terlarut (sebagai contoh ekstraksi jus dari potongan-potongan buah).
 - c. Menyebabkan pencampuran bahan-bahan lebih sempurna, contohnya dalam sup kering dan campuran kue.
14. Pencampuran adalah suatu satuan operasi yang ditujukan untuk memperoleh campuran yang homogen dari dua atau lebih komponen, baik bahan yang berbentuk kering maupun cair (*liquid*).
15. Ekstraksi adalah proses pemisahan komponen-komponen terlarut dari suatu campuran komponen tidak terlarut dengan menggunakan pelarut yang sesuai.

16. Tiga contoh ekstraksi dalam pengolahan pangan yakni:
- ekstraksi komponen flavor vanili dari vanili yang telah dikuring
 - ekstraksi minyak dari kelapa
 - ekstraksi kafein dari biji kopi
 - ekstraksi sari buah jeruk
17. Berdasarkan bentuk panas yang digunakan, proses termal ini secara garis besar dibedakan atas empat, yakni:
- proses termal dengan menggunakan uap (*steam*) atau air sebagai media pembawa panas yang dibutuhkan, meliputi: blansir (*blanching*), pasteurisasi, sterilisasi, evaporasi, dan ekstrusi;
 - proses termal dengan menggunakan udara panas, yakni: dehidrasi (pengeringan) dan pemanggangan;
 - proses termal dengan menggunakan minyak panas, yaitu penggorengan (*frying*);
 - proses termal dengan menggunakan energi iradiasi, yaitu pemanasan dengan gelombang mikro (*microwave*) dan radiasi inframerah.
18. Perbedaan antara pendinginan dan pembekuan dalam hal suhu yang digunakan dan daya awetnya adalah:
- | | PENDIN-
GINAN | PEMBE-
KUAN |
|------------------|------------------------|------------------------|
| Suhu penyimpanan | -2 – 10 °C | -12 – (-24) °C |
| Daya awet | Beberapa hari - minggu | Beberapa bulan - tahun |
19. Metode pengeringan yang dimaksud adalah:
- Pengeringan dengan sinar matahari
 - Pengeringan dengan oven
 - Pengeringan dengan pengering makanan
 - Pengeringan dengan pengering beku
 - Pengeringan dengan pengering semprot
 - Pengeringan dengan pengering drum yang berputar
20. Produk-produk tersebut adalah selai, jeli, marmalade, manisan buah, buah dalam sirup, sirup, conserves, preserves, mentega buah, dan madu buah.
21. Tiga zat yang berperan dalam pembentukan struktur jeli adalah gula, asam, dan pektin.
22. Penggaraman termasuk pengawetan karena garam akan menarik air dari bahan sehingga mikroorganisme pembusuk tidak dapat berkembang biak karena menurunnya aktivitas air (a_w).
23. Fermentasi spontan adalah fermentasi yang berjalan alami, tanpa penambahan starter, misalnya fermentasi sayuran (acar/pikel, sauerkraut dari irisan kubis), terasi, dan lain-lain. Fermentasi tidak spontan adalah fermentasi yang berlangsung dengan penambahan starter/ragi, misalnya tempe, yoghurt, roti, dan lain-lain.
24. Bahan tambahan pangan yang dimaksud adalah: pemanis buatan; pengatur keasaman; pewarna; penyedap rasa dan aroma serta penguat rasa;

- pengawet; antioksidan dan antioksidan sinergis, antikempal; pemutih dan pematang tepung; pengemulsi, pematap dan pengental; pengeras; sekuestran; enzim; penambah gizi; dan bahan tambahan lain (antibusa, humektan, dan lain-lain).
25. Fungsi dari komponen-komponen asap adalah:
- Fenol berfungsi sebagai antioksidan, anti-mikroba, dan mem-bentuk cita rasa.
 - Alkohol memiliki fungsi utama membentuk cita rasa, selain itu sebagai antimikroba.
 - Asam-asam organik fungsi utamanya untuk mempermudah pengupasan selongsong, di samping itu sebagai antimikroba.
 - Karbonil memiliki fungsi untuk membentuk warna dan citarasa spesifik
 - Senyawa hidrokarbon memiliki fungsi negatif karena bersifat karsinogenik.
26. Faktor-faktor yang mempengaruhi pengasapan
- Suhu pengasapan,
 - Kelembaban udara,
 - Jenis kayu,
 - Jumlah asap, ketebalan asap, dan kecepat-an aliran asap dalam alat pengasap,
 - Mutu bahan yang di-asap,
 - Perlakuan sebelum pengasapan.
27. Fungsi dari komponen-komponen asap adalah:
- Fenol berfungsi sebagai antioksidan, anti-mikroba, dan mem-bentuk cita rasa.
 - Alkohol memiliki fungsi utama membentuk cita rasa, selain itu sebagai antimikroba.
 - Asam-asam organik fungsi utamanya untuk mempermudah pengupasan selongsong, di samping itu sebagai antimikroba.
 - Karbonil memiliki fungsi untuk membentuk warna dan citarasa spesifik
 - Senyawa hidrokarbon memiliki fungsi negatif karena bersifat karsinogenik.
28. Faktor-faktor apakah yang mempengaruhi pengasapan, yaitu:
- Suhu pengasapan,
 - Kelembaban udara,
 - Jenis kayu,
 - Jumlah asap, ketebalan asap, dan kecepat-an aliran asap dalam alat pengasap,
 - Mutu bahan yang diasap,
 - Perlakuan sebelum pengasapan.
29. Karena asam memiliki sifat antimikroorganisme sebagai berikut:
- asam memiliki pH rendah yang tidak disukai oleh mikroorganismenya;
 - asam-asam yang tidak terurai bersifat racun bagi mikroorganismenya.
30. Ya, fermentasi dapat dikatakan sebagai salah satu bentuk pengasapan karena selama fermentasi terjadi perubahan-perubahan, di

antaranya terbentuk asam laktat atau asam asetat hasil pemecahan senyawa kompleks karbohidrat.

BAB IV

1. Buah klimaterik merupakan jenis buah-buahan yang terus mengalami perubahan fisiologi, terutama proses pematangan (pematangan), meskipun buah telah dipetik. Proses perubahan fisiologi ditandai dengan perubahan struktur daging buah, warna kulit buah, aroma dan cita rasa, meningkatnya kandungan gula, serta menurunnya kandungan pati. Contoh buah klimaterik yaitu mangga, pepaya, pisang cempedak, kesemek. Sedangkan Buah non klimaterik adalah jenis buah yang tidak mengalami proses fisiologis meski telah dipetik dari pohon. Contoh sayuran buah (mentimun, terung dan gambas).
2. Klimaterik terjadi apabila buah matang dan apabila buah tersebut telah melewati matang maka klimaterik tidak akan terjadi. Buah diperkirakan hanya mengalami satu kali klimaterik selama proses pematangan. Ada dua teori yang dapat digunakan untuk menerangkan terjadinya klimaterik yaitu, teori perubahan fisik dan teori perubahan kimia.

Teori perubahan Fisik

Karena banyak sekali buah yang melakukan proses klimaterik, khususnya untuk menerangkan sebab terjadinya klimaterik karena perubahan fisik, seperti apel, pisang dan advokad. Dalam proses klimaterik yang terjadi pada buah diperkirakan karena adanya perubahan permeabilitas dari sel. Perubahan tersebut akan menyebabkan enzim-enzim dan substrat yang semula dalam keadaan normal akan bergabung dan bereaksi satu dengan lainnya sehingga klimaterik terjadi.

Perubahan Kimia

Perubahan kimia diperkirakan dapat menyebabkan terjadinya klimaterik, karena selama proses pematangan kegiatan yang berlangsung di dalam sel buah meningkat sehingga memerlukan energi yang diperoleh dari ATP. Karena kebutuhan ATP meningkat maka mitokondria sebagai penghasil ATP juga terus mengalami peningkatan aktivitas produksi dan proses respirasi akan meningkat yang akhirnya menyebabkan peristiwa klimaterik. Oleh karena itu pernafasan dapat digunakan sebagai cara untuk mengontrol klimaterik.

3. Upaya yang dapat ditempuh untuk menyimpan buah-buahan secara umum yaitu dengan cara mengatur tingkat kemasakan buah, mengeringkan

permukaan kulit buah dan menyusun buah dalam tumpukan yang aman. Contohnya buah pisang disimpan masih dalam bentuk tandannya. Dan disusun agar udara segar dapat mengenai semua bagian permukaan buah. Syarat utama dalam penyimpanan buah adalah tempat/ ruang harus bersih, sejuk, ventilasi dan sirkulasi udara lancar dan terhindar dari panas matahari secara langsung.

4. Pada umumnya tahap-tahap proses pertumbuhan atau kehidupan buah dan sayuran meliputi pembelahan sel, pembesaran sel, pendewasaan sel (*maturasi*), pematangan (*ripening*), kelayuan (*sinescence*) dan pembusukan (*deterioration*). Khususnya pada buah, pembelahan sel segera berlangsung setelah terjadinya pembuahan yang kemudian diikuti dengan pembesaran atau pengembangan sel sampai mencapai volume maksimum. Setelah itu sel-sel dalam buah berturut-turut mengikuti proses pendewasaan, pematangan, kelayuan dan pembusukan.
5. Tujuan utama menyimpan biji-bijian untuk keperluan konsumsi manusia atau hewan ternak adalah mendapatkan mutu bahan yang keadaannya tetap prima dan terhindar dari berbagai kerusakan meskipun telah melampaui waktu simpan cukup lama. Agar tujuan yang

dimaksud dapat terlaksana maka diperlukan persiapan dan penanganan bahan secara lebih baik dan benar. Untuk mengatasi masalah tersebut sebaiknya bahan dikeringkan dan diupayakan agar kadar air bahan rendah. Untuk melakukan uji secara sederhana cukup menggigit biji kering dan jika mudah retak atau pecah berarti tingkat kekeringan bahan tercukupi

6. Faktor-faktor yang mempengaruhi mutu ikan sebagai ikan basah yang baru ditangkap adalah :
 - a. *Jenis ikan*, ada jenis ikan yang mudah sekali busuk seperti lemuru, kerang-kerangan, molusca dan crustacea dan adapula yang tahan seperti ikan bandeng, tuna, dan cakalang
 - b. *Ukuran ikan*, umumnya ikan yang ukurannya kecil lebih cepat rusak daripada ikan-ikan yang berukuran besar. Hal ini disebabkan karena ikan-ikan yang berukuran kecil disamping luas arealnya atau tubuhnya sempit juga disebabkan dagingnya masih belum kompak terutama pada ikan muda sehingga penguraian daging oleh kegiatan mikroba akan berlangsung cepat.
 - c. *Kondisi biologis*, ikan-ikan yang saat ditangkap dalam keadaan kenyang akan lebih cepat menjadi busuk daripada ikan yang dalam

- keadaan lapar. Pembusukan ini terutama menjolok dari cepatnya isi perut dan dinding perut mengalami penguraian dan pembusukan, mengingat isi perut merupakan salah satu sumber mikroba.
- d. *Suhu air saat ikan ditangkap*, suhu air akan berpengaruh pada kecepatan pembusukan. Kalau ikan ditangkap pada suhu air yang tinggi akan mempercepat proses pembusukan dibandingkan dengan ikan yang ditangkap pada suhu rendah, suhu yang tinggi akan mempengaruhi kecepatan perubahan komposisi daging ikan.
- e. *Cara penangkapan dan kematian*, ikan yang ditangkap dengan suatu jenis alat tangkap tertentu (jala atau pancing) yang dalam proses kematiannya banyak mengeluarkan tenaga untuk melepaskan diri dari jeratan alat tangkap dapat mempercepat proses rigor mortis dan pembusukan dibandingkan dengan ikan yang diproses kematiannya dalam keadaan tenang.
- f. *Cara penanganan, pengangkutan dan pendistribusian ikan pasca penangkapan ikan* sangat mempengaruhi mutu ikan. Ikan-ikan yang diperlakukan secara kasar dan kurang hati-hati sehingga terjadi pelukaan dan lecet-lecet pada tubuhnya akan lebih cepat mengalami pembusukan dibandingkan dengan ikan yang diperlakukan secara baik. Luka pada tubuh ikan akan menjadi pintu masuknya mikroba dan mempercepat perombakan pada daging ikan.
7. Telur mentah yang dibiarkan di udara terbuka (disimpan dalam suhu kamar) dalam waktu yang lama akan mengalami beberapa perubahan seperti :
- Perubahan bau dan cita rasa
 - Perubahan pH
 - Penurunan berat telur
 - Pembesaran rongga udara
 - Penurunan berat jenis
 - Perubahan indeks putih telur
 - Perubahan indeks kuning telur
 - Perubahan nilai haugh unit (HU)
 - Pengenceran isi telur
8. Cara-cara yang dapat dilakukan untuk mengawetkan telur adalah: menggunakan kulit akasia, minyak kelapa, parafin dan kantong plastik.
- Menggunakan kulit akasia
 - Pengawetan dengan kulit akasia dapat mempertahankan kesegaran telur sampai sekitar 2 bulan. Caranya dengan menumbuk kulit akasia dan merebusnya. Air rebusan ini digunakan untuk merendam telur segar sebelum disimpan.

- Untuk setiap 10 liter air diperlukan 80 gram serbuk kulit akasia.
- c. Menggunakan minyak kelapa
 - d. Pengawetan telur dengan metode ini dapat memperpanjang umur simpan telur sampai 3 minggu. Cara pengawetannya dengan memanaskan minyak kelapa sampai mendidih dan didiamkan sampai dingin. Telur yang akan diawetkan dibersihkan dahulu, kemudian dicelupkan satu per satu dalam minyak tersebut. Telur selanjutnya diangkat dan ditiriskan, lalu disimpan dalam rak-rak. Untuk setiap 1 liter minyak kelapa dapat untuk mengawetkan telur sekitar 70 kg.
 - e. Menggunakan parafin
 - f. Dengan menggunakan parafin, telur akan bisa diawetkan hingga 6 bulan. Caranya dengan membersihkan telur dengan alkohol 96%. Sementara parafin dipersiapkan dengan memanaskan parafin hingga suhu 50-60°C. Telur dicelupkan selama 10 menit, telur selanjutnya diangkat, ditiriskan dan disimpan dalam rak telur. Untuk 1 liter parafin dapat mengawetkan sekitar 100 kg.
 - g. Menggunakan kantong plastik
 - h. Pengawetan dengan kantong plastik hanya dapat memperpanjang umur simpan sampai 3 minggu, caranya adalah dengan membersihkan telur terlebih dahulu, kemudian masukkan dalam kantong plastik yang cukup tebal. Selama penyimpanan tidak boleh ada keluar masuk kantong. Oleh karena itu, kantong harus ditutup rapat-rapat, misalnya menggunakan patri kantong plastik elektronik (sealer).
9. Jenis daging berdasarkan bentuk fisiknya yaitu :
- a. daging segar yang dilayukan tanpa pelayuan
 - b. daging segar yang dilayukan kemudian didinginkan (daging beku)
 - c. daging segar yang dilayukan, didinginkan, kemudian dibekukan (daging beku)
 - d. daging masak
 - e. daging asap, dan
 - f. daging olahan
10. Pemanenan buah nenas dalam suatu kebun hendaknya dilakukan apabila rata-rata buah nenas telah menunjukkan tanda-tanda sebagai berikut : mata demi matanya berjarak agak lebar, berbentuk datar sedang tepinya bundar. warna menjadi kuning (jenis nenas dengan kulit kuning) sedang jenis lainnya (berwarna hijau) maka kulit berwarna hijau agak gelap atau warna hijau tua dengan warna agak kuning

kemerah-merahan.
Mengeluarkan aroma yang khas.

Indeks panen yang digunakan buah pisang menggunakan kriteria seperti hilangnya penampakan sudut-sudut buah (*fullness of finger*), ukuran buah dan jumlah hari setelah keluarnya bunga sampai buah menjadi tua.

Panen buah mangga sebaiknya dilakukan pada saat sebagian buahnya yang telah dewasa berada pada tingkat masak optimal, yang dapat diketahui karena buah menunjukkan tanda-tanda sebagai berikut :

- kulit dan buah yang berbentuk wajar, tidak terserang penyakit, telah berwarna hijau pekat, atau kekuning-kuningan atau agak jingga
- pada beberapa buah, kulit tampak mengkilat, berlapis lilin
- bagian buah yang terbawah benar-benar telah memadat, sedang bagian tengahnya bila diketuk-ketuk dengan jari agak nyaring
- pada beberapa buah hampir penuh dengan bintik-bintik coklat, bukan terserang gigitan larva, hama/kutu.
- umur masak buah seperti mangga arum manis dinyatakan masak optimal setelah berumur antara 93-107 hari, mangga golek 75 hari-85 hari.

BAB V

1. Sanitasi adalah upaya penghilangan semua faktor luar makanan yang menyebabkan kontaminasi dari bahan makanan sampai dengan makanan siap saji.
2. bakteri indikator sanitasi antara lain yaitu *Escherichia coli*, kelompok *Streptococcus* (*Enterococcus*) fekal dan *Clostridium perfringens*.
3. Pekerja atau manusia, hewan, debu dan kotoran, udara dan air, makanan mentah, buangan (sampah).
4. (1) senyawa-senyawa pelepas khlorin, (2) *quaternary ammonium compounds*, (3) iodophor, (4) senyawa amfoterik, dan (5) senyawa fenolik.
5. persyaratan higiene pada pekerja yang menangani bahan makanan adalah:
 - a. Kesehatan yang baik; untuk mengurangi kemungkinan pekerja menjadi tempat penyimpanan bakteri patogen,
 - b. Kebersihan; untuk mengurangi kemungkinan penyebaran bakteri oleh pekerja,
 - c. Kemauan untuk mengerti tentang sanitasi; merupakan prasyarat agar program sanitasi berjalan dengan efektif.
6. Sanitasi lingkungan meliputi sanitasi di dalam dan di luar area

7. Untuk mencegah kontaminasi pangan dilakukan dengan cara:
- menyentuh makanan sesedikit mungkin
 - menghindarkan makanan dari semua sumber bakteri
 - menutup makanan
 - memisahkan makanan mentah dari makanan yang sudah dimasak
 - menghindarkan hewan dan serangga dari tempat makanan
 - membuang sisa makanan dan sampah lain dengan hati-hati
 - menjaga tempat sampah tetap tertutup
 - menjaga segalanya sebersih mungkin
8. Keamanan pangan adalah kondisi dan upaya yang diperlukan untuk mencegah pangan dari kemungkinan cemaran biologis, kimia, dan benda lain yang dapat mengganggu, merugikan, dan membahayakan kesehatan manusia.
- Melindungi dan mengawetkan produk (melindungi dari sinar ultraviolet, panas, kelembaban udara, oksigen, benturan, kontaminasi dari kotoran dan mikroba yang dapat merusak dan menurunkan mutu produk)
 - Sebagai identitas produk
 - Meningkatkan efisiensi
 - Melindungi pengaruh buruk dari produk di dalamnya, misalnya jika produk yang dikemas berupa produk yang berbau tajam, atau produk berbahaya seperti air keras, gas beracun dan produk yang dapat menularkan warna, maka dengan mengemas produk dapat melindungi produk-produk lain di sekitarnya.
 - Memperluas pemakaian dan pemasaran produk
 - Menambah daya tarik calon pembeli/konsumen
 - Sebagai sarana informasi dan iklan
 - Memberi kenyamanan bagi konsumen.

BAB VI

Jawab:

- Fungsi pengemasan pada bahan pangan yaitu (Pilih 5 dari jawaban berikut):
 - Mewadahi produk selama distribusi dari produsen hingga ke konsumen (produk tidak tercecer/tumpah, terutama untuk cairan, pasta atau butiran)
- Jenis-jenis bahan pengemas, yaitu:
 - Logam
 - Gelas
 - Plastik
 - Kertas/karton
 - Kayu
 - Keramik
- Persyaratan umum tentang pernyataan (klaim) yang dicantumkan pada label kemasan adalah :

- Informasi gizi
 - Tidak menyatakan seolah-olah makanan yang berlabel gizi mempunyai kelebihan daripada makanan yang tidak berlabel.
 - Tidak memuat pernyataan adanya nilai khusus (nilai khusus tersebut tidak sepenuhnya berasal dari bahan makanan tersebut)
 - Pernyataan yang berhubungan dengan kesehatan didasarkan pada komposisi dan jumlahnya yang dikonsumsi per hari.
 - Gambar atau logo pada label tidak boleh menyesatkan (dalam hal: asal/bahan baku, isi, bentuk, komposisi, ukuran atau warna).
 - Saran penyajian suatu produk dengan bahan lain harus diberi keterangan dengan jelas bila bahan lain tersebut tidak terdapat dalam wadah (bila diperlukan).
4. Teknik-teknik pengisian produk cair:
- *Vacuum filling* (Pengisian produk hampa udara).
 - *Measured dosing* (Pengisian produk terukur).
 - *Gravity-filling* (Pengisian berdasarkan gravitasi).
 - *Pressure filling* (Pengisian berdasarkan tekanan).
5. Berdasarkan fungsinya, penutup wadah gelas ada 3 golongan, yaitu :
- Penutup yang dirancang untuk menahan tekanan dari dalam wadah gelas (*Pressure Seal*). Jenis penutup ini digunakan untuk minuman-minuman berkarbonasi.
 - Penutup yang dapat menjaga keadaan hampa udara di dalam wadah gelas (*Vacuum Seals*). Jenis penutup ini digunakan untuk menutup kemasan hermetis atau bahan-bahan pangan yang diawetkan dan untuk mengemas bahan berbentuk pasta.
 - Penutup yang dirancang untuk mengamankan produk pangan yang ada di dalam wadah (*Normal Seals*).

BAB VII

1. Limbah adalah buangan yang dihasilkan dari suatu proses produksi baik industri maupun domestik (rumah tangga), yang kehadirannya pada suatu saat dan tempat tertentu tidak dikehendaki lingkungan karena tidak memiliki nilai ekonomis.
2. Pencemaran air adalah suatu perubahan keadaan di suatu tempat penampungan air seperti danau, sungai, lautan dan air tanah akibat aktivitas manusia yang mengganggu kebersihan dan atau keamanan lingkungan.
3. Pada dasarnya pengolahan limbah dapat dibedakan menjadi:
 - a. Pengolahan menurut tingkatan perlakuan.
 - b. Pengolahan menurut karakteristik limbah.

4. Indikasi terjadinya pencemaran air adalah:
 - a. Perubahan pH (tingkat keasaman / konsentrasi ion hidrogen)
 - b. Perubahan warna, bau dan rasa
 - c. Timbulnya endapan, koloid dan bahan terlarut.
5. Aspek ekonomi dari pembuatan kompos adalah:
 - a. Menghemat biaya untuk transportasi dan penimbunan limbah.
 - b. Mengurangi volume/ukuran limbah.
 - c. Memiliki nilai jual yang lebih tinggi dari pada bahan asalnya.
6. Strategi untuk mempercepat pengomposan adalah:
 - a. Menipulasi kondisi/faktor-faktor yang berpengaruh pada proses pengomposan.
 - b. Menambahkan organisme yang dapat mempercepat proses pengomposan: mikroba pende-gradasi bahan organik dan vermikompos (cacing).
7. Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3) adalah sisa suatu usaha dan/atau kegiatan yang mengandung bahan berbahaya dan/atau beracun yang karena sifat dan/atau konsentrasinya dan/atau jumlahnya, baik secara langsung maupun tidak langsung dapat mencemarkan dan/atau merusak lingkungan hidup, dan/atau dapat membahayakan lingkungan hidup, kesehatan, kelangsungan hidup manusia serta makhluk hidup lain.
8. Mikroba yang sering dimanfaatkan untuk meningkatkan kualitas kompos adalah:
 - a. mikroba penambat nitrogen: *Azotobacter* sp, *Azospirillum* sp, *Rhizobium* sp, dll
 - b. mikroba pelarut P dan K : *Aspergillus* sp, *Aeromonas* sp.
 - c. mikroba agensia hayati : *Metharhizium* sp, *Trichoderma* sp,
 - d. mikroba perangsang pertumbuhan tanaman: *Trichoderma* sp, *Pseudomonas* sp, *Azospirillum* sp.

BAB VIII

BAB IX

1. Pengetahuan akan kurva pertumbuhan mikroba (seperti bakteri) sangat penting untuk menggambarkan karakteristik pertumbuhannya, sehingga akan mempermudah dalam kultivasi (menumbuhkan) mikroba pada suatu media, atau penyimpanan kultur dan penggantian media.
2. Bakteri *termofilik* adalah mikroba yang dapat tumbuh pada suhu yang relatif tinggi dengan suhu minimum 25°C, suhu optimum 45-55°C, dan suhu maksimum 55-65°C.
3. Proses fermentasi sering didefinisikan sebagai proses pemecahan karbohidrat dan asam amino secara anaerobik, yaitu tanpa memerlukan oksigen.

4. Beberapa contoh fermentasi metabolit primer antara lain aseton butanol, alkohol/etanol, asam cuka, asam sitrat, enzim dan vitamin.
5. Sari buah anggur merupakan medium fermentasi *wine* yang baik karena:
 - a. Kandungan nutrisi cukup tinggi.
 - b. Mempunyai keasaman yang tinggi sehingga dapat meng-hambat pertumbuhan mikrobia yang tidak diinginkan.
 - c. Kandungan gula cukup tinggi
 - d. Mempunyai aroma yang sedap.
6. Bahan yang dapat digunakan untuk membuat cuka diantaranya:
 - a. Sari buah-buahan, misalnya apel, anggur, jeruk, dan sebagainya.
 - b. Sayur-sayuran yang mengandung pati, misalnya kentang yang mengandung pati dan harus dihidrolisis menjadi gula terlebih dahulu.
 - c. Biji-bijian gandum, seperti barley, gandum hitam, jagung, dan gandum.
 - d. Minuman keras atau alkohol, misalnya dari bir, atau dari etil alkohol yang berubah sifat.
7. Rekayasa genetika merupakan suatu proses bioteknologi modern dimana sifat-sifat dari suatu makhluk hidup dirubah dengan cara memindahkan gen-gen dari satu spesies makhluk hidup ke spesies yang lain, ataupun memodifikasi gen-gen dalam satu spesies.
8. Bioteknologi bakteri asam laktat adalah penggunaan/pemanfaatan bakteri asam laktat untuk membuat atau memodifikasi suatu produk (bahan pangan/pangan) menjadi suatu produk yang lebih berkualitas

GLOSSARY

Absorpsi (*absorption*): proses perpindahan nutrien yang menembus dinding usus dan pengangkutannya terjadi dalam darah vena atau limfa. Diperkirakan selama 24 jam usus mampu mengabsorpsi 18 liter air, 3,5 kg glukosa, 500 g asam amino, serta 750 g gliserida.

Adsorpsi (*adsorption*): penyerapan suatu molekul atau suatu zat pada permukaan partikel secara fisik tanpa reaksi kimiawi yang terjadi antara substrat (zat penyerap) dengan produk yang terserap, misalnya misela, karbon aktif, alumina dan sebagainya.

Aerobik (*aerobic*): keadaan cukup oksigen bebas yang dibutuhkan mikroorganisme untuk metabolisme dan pertumbuhannya. Beberapa strain mikroorganisme bersifat obligat-aerob yang tidak mampu untuk mengadaptasi medium nonaerasi. Namun, sejumlah besar mikroorganisme bersifat fakultatif anaerob, yaitu dapat tumbuh dengan ada atau tidak adanya udara.

Aflatoksin (*aflatoxin*): metabolik sekunder dari berbagai fungi, khususnya *Aspergillus flavus*. Aflatoksin membentuk sekelompok senyawa kompleks yang secara kimiawi sejenis. Semua senyawa ini disusun oleh dua cincin furan yang berpasangan dengan inti

benzen dan cincin piran, selain dengan cincin pentana (tipe B) atau heksana (tipe G). Tergantung pada apakah cincin pentana furan jenuh atau berikatan rangkap, aflatoksin diberi indeks 1 atau 2. Sekitar 15 aflatoksin dikenali dengan nilai Rf-nya, warna perendarannya (B: biru, G: kehijau-hijauan, M: biru-ungu), dan toksisitasnya (daya peracunannya). Aflatoksin kebanyakan bersifat karsinogenik yang kuat pada hati, yaitu kira-kira seratus kali lipat lebih kuat daripada nitrosamin. Aflatoksin dicurigai sebagai penyebab kanker hati di kalangan orang yang tinggal di daerah panas dan lembab yang mendukung pertumbuhan *Aspergillus flavus* pada makanannya.

Agar: agensia pembentuk tekstur pada makanan (E 406), dihasilkan dari ekstraksi ganggang merah (*Rhodophyceae sp*). Agar terdiri dari dua polisakarida: agarosa (galaktosa dengan 3,6-anhidro-L-galaktosa) dan agaropektin (1,3-D galaktosa dengan gugus-gugus ester sulfat); BM = kurang lebih 100.000. Sin. agarosa, agaropektin.

Aktin (*actin*): protein dalam sel otot yang berbentuk benang (fibril). Protein ini dapat bergabung dengan miosin membentuk aktomiosin ketika otot mengalami kontraksi. Sekitar 15 % nitrogen dalam jaringan otot berasal dari aktin.

Aktomiosin (*actomyosin*): komponen protein utama sel-sel kontraksi pada otot. Sel kontraksi terdiri atas filamen-filamen protein yang saling terkait. Ada dua tipe protein filamen yang berinteraksi, yaitu filamen tebal yang mempunyai diameter sekitar 15 nm dan terutama mengandung miosin dan filamen tipis mempunyai diameter sekitar 7 nm dan terutama mengandung aktin. Komplek aktomiosin terbentuk jika aktin dan miosin bergabung menjadi satu. ATP menyebabkan kompleks ini terdisosiasi menjadi aktin dan miosin. Kalium dan energi dari ATP mengaktifkan interaksi protein aktin dan miosin yang dapat menyebabkan kontraksi fibril. Komplek yang terbentuk seperti itu memiliki kekokohan mekanis yang besar. Ini terjadi pada perubahan pascamortem yang menyebabkan rigor mortis.

Albumen (*albumen*): zat putih telur. Pada biji sereal, zat ini terdapat dalam jaringan cadangan yang ada di sekitar embrio.

Albumin (*albumin*): nama umum dari sekelompok protein yang berupa larutan koloid. Albumin merupakan unsur utama yang terdapat pada putih telur (ovalbumin), merupakan unsur penting dalam serum darah (serum albumin), juga terdapat dalam susu (lactalbumin), jaringan dan cairan fisiologis, dan dalam tumbuhan (vegetable albumin). Komposisi asam amino dalam albumin bervariasi, tergantung pada asal bahan dasarnya. Hasil beberapa

analisis menunjukkan bahwa albumin telur mengandung 54,3% karbon, 7,1% hidrogen, 21% oksigen, 15,8% nitrogen, Serta 1,8% sulfur. Albumin dapat bergabung dengan beberapa logam berat, maka digunakan sebagai penangkal pada keracunan garam-garam merkuri. Albumin dapat terkoagulasi atau terdenaturasi oleh panas, alkohol, atau asam. Koagulasi juga akan mengendapkan padatan tersuspensi, sifat inilah yang menyebabkan albumin digunakan untuk menjernihkan produk seperti wine, sirup dan sebagainya.

Aldehida (*aldehyde*): senyawa dengan rumus umum R-COH, di mana gugus radikalnya (—R) dapat berupa senyawa alifatik atau aromatis. Aldehida mengandung gugus karbonil (C=O) yang dapat memberikan sifat reaktivitas kimia yang spesifik.

Alkaloid (*alkaloid*): suatu substansi yang mengandung nitrogen, terdapat pada berbagai jenis tanaman dan pada konsentrasi rendah menyebabkan berbagai aksi fisiologis sebagaimana stimulan. Pada konsentrasi tinggi akan bersifat toksik bagi tubuh. Contoh alkaloid, adalah morfin, kokain dan sejenisnya.

Alkohol (*alcohol*): komponen organik dengan rumus umum R-OH, di mana R adalah gugus alkil atau alkil tersubstitusi. Etanol yang diproduksi dengan cara fermentasi menggunakan yeast adalah alkohol yang umumnya terdapat dalam minuman beralkohol.

Amilase (*amylase*): enzim yang mampu menghidrolisis molekul pati, glikogen, dan turunan polisakarida pada ikatan α -1,4, α -Amilase menghidrolisis ikatan glikosidik secara acak, B-amilase menghidrolisis menjadi unit-unit mitosa dari ujung nonreduksi, dan glukoamilase menghidrolisis menjadi unit-unit glukosa dari ujung nonreduksi branching (cabang) amilase: menghidrolisis ikatan cabang α -1,6 pada amilopektin atau glikogen. α -Amilase (α -1,4-glukosa 4-glukonohidrolase, EC 3.2.1.1), (B-amilase (α -1,4-glukan maltohidrolase, EC 3.2.1.2), glukoamilase (α -1,4-glukan glukohidrolase, EC 3.2.1.3).

Amilopektin (*amilopectin*): fraksi pati yang tidak larut dalam air; selain tersusun dari rantai lurus D-glukosa yang berikatan α -1-4 juga terdapat rantai cabang α -1-6; dengan larutan iodin berwarna cokelat-violet. Berat molekul sekitar 500.000.

Amilosa (*amylose*): fraksi pati yang larut dalam air, tetapi tidak larut di dalam N-butanol atau pelarut organik polar lainnya; tersusun dari rantai lurus D-glukosa yang berikatan α -1,4 dengan derajat polimerisasi antara 100-400; berwarna biru tua dengan iodin. Amilosa menyusun sekitar 20% dari pati sereal, tetapi hanya 1% dalam jagung dan sorgum. Pada beberapa strain jagung dapat mencapai 75%. Berat molekulnya 4.000-150.000.

Amino, asam (*amino acid*): penyusun protein dan peptida, dicirikan oleh suatu rantai yang mengandung suatu gugus karboksil pada atom karbon terminal dan suatu gugus amino pada atom karbon α . Hanya isomer asam amino serf L yang bisa digunakan oleh tubuh. Pada campuran rasemik, hanya separuh yang mempunyai fungsi aktivitas.

Anaerobik (*anaerobic*): sebutan untuk mikroorganisme yang dapat hidup pada atmosfer bebas oksigen, terutama bakteri patogen. Mikroorganisme seperti itu dapat berkembang biak di dalam bahan makanan yang disimpan dalam lingkungan tanpa udara. Pencegahan pertumbuhan bakteri tersebut lebih sulit dibanding bakteri aerobik.

Angka asam (*acid number*): suatu bilangan atau angka yang menunjukkan banyaknya asam lemak bebas yang terdapat dalam lemak atau minyak, yang dihasilkan terutama dari peranan enzim lipase (EC 3.1.1.3). Angka yang asam yang dinyatakan sebagai banyaknya mg KOH yang dibutuhkan untuk menetralkan asam lemak bebas dalam setiap g lemak.

Angka penyabunan (*saponification value*): banyaknya mg KOH yang diperlukan untuk menyabunkan 1 g lemak. Angka penyabunan menjadi lebih tinggi pada asam lemak dengan berat molekul rendah.

Antibiotik (*antibiotic*) : produk sekresi mikroorganisme atau substansi kimiawi sintetis yang menghambat perkembangbiakan bakteri (bakteriostatik) atau dapat menyebabkan kematiannya (bakteriosidal). Pada konsentrasi tertentu dalam diet, antibiotik memacu kecepatan pertumbuhan hewan. Antibiotik juga merusak atau menghambat pertumbuhan mikroorganisme dalam makanan yang dikonsumsi manusia. Beberapa individu alergi pada antibiotik tertentu. Adanya antibiotik dalam lambung dapat pula menyebabkan resistensi mikroorganisme tertentu.

Antifungi (*antifungal*): substansi yang mampu menghambat pertumbuhan atau merusak fungi dan yeast. Senyawa antifungi tertentu diizinkan sebagai bahan pengawet dalam makanan, misalnya asam sorbat (E 200).

Antigen (*antigen*) : substansi kimia yang dimasukkan ke dalam organisme hidup, yang mampu mendorong pembentukan antibodi. Antigen bereaksi spesifik dengan antibodi yang terbentuk.

Bakterisidal (*bactericidal*): suatu zat yang dapat membunuh bakteri.

BHA : singkatan dari *Butylated Hydroxyanisole*, merupakan senyawa antioksidan.

BHT: singkatan dari *Butylated Hydroxytoluene*, merupakan senyawa antioksidan.

Biodegradasi (*biodegradation*) : kerusakan bahan-bahan industri oleh mikroorganisme. Biodegradasi diterapkan untuk produk-produk yang dapat memberikan kenaikan keracunan jika dibuang di lingkungan.

Biomasa (biomase): bahan organik yang dihasilkan oleh pertumbuhan organisms. Sering diartikan untuk sel-sel mikroorganisme yang dihasilkan oleh fermentasi, misalnya yeast, bakteri, jamur, alga. Pada keadaan tertentu dapat digunakan langsung sebagai makanan untuk manusia atau hewan, tetapi biasanya memerlukan pemurnian yang intensif.

Biotin (*biotin*) : bentuk B dari vitamin yang mengandung cincin diaminothiofen yang bergandengan dengan asam isovalerat. Biotin (BM = 224,31) tidak berwarna larut dalam air (20 mg/100 ml), dan alkohol 100 mg / ml) bahkan dalam larutan alkali. Stabil terhadap panas, cahaya, sinar ultraviolet di dalam medium asam, tetapi sensitif terhadap alkali, oksigen, dan agensia pengoksidasi. Jika teroksidasi, terbentuk

Bitot, noda (*Bitot's spots*) : bercak putih kusam yang berkembang di sekitar kornea. Kekurangan vitamin A dapat menyebabkan noda bitot.

Blansing(*blanching*): perlakuan panas yang ditujukan untuk menginaktifkan enzim dalam buah maupun sayuran segar. Blansing dimaksudkan agar reaksi-reaksi

yang tidak dikehendaki, misalnya pencoklatan enzimatis, dapat dicegah. Blansing dapat dilakukan dengan air panas ataupun uap panas.

Bromelain, bromelin: dua macam bromelin, yaitu A dan B, telah berhasil diisolasi dari nanas. Ini merupakan protease tiol sangat aktif yang memecah protein pada residu lisin, alanin, tirosin, serta glisin.

Bungkil, minyak (*oil caked*): residu padat pada ekstraksi minyak dengan pengepresan.

Asam butirrat (*butyric acids*): asam lemak jenuh berantai pendek C4 yang larut dalam air dan pelarut lemak. Asam lemak ini memiliki bau yang dikenal sebagai mentega tengik dan merupakan produk flora ruminansia.

butirometer (*butyrometer*): tabung sentrifus berskala; digunakan untuk menentukan kadar lemak dalam susu. Sampel susu pertamanya diperlakukan dengan asam sulfat dalam butirometer dan kemudian disentrifus. Lemak akan membentuk lapisan atas yang terpisah jelas dan kadar lemak dapat dibaca langsung dari skala pada tabung sentrifus.

Butil hidroksi anisol (*butylated hydroxyl anisole*): suatu derivat fenol (BM = 180,25) yang merupakan substansi seperti lilin; pada suhu kamar berupa zat padat, tidak larut dalam air, namun larut dalam lemak dan pelarutnya. Senyawa ini berperan sinergistik sebagai antioksidan dan digunakan

sebagai aditif bahan makanan (E 320) dengan antioksidan lainnya.

Butil hidroksi toluen (*butylated hydroxy toluene*): suatu derivat fenol (BM= 220,34); tidak larut dalam air, tetapi larut dalam lemak atau solvenya serta dalam sejumlah alkohol. Zat ini merupakan suatu antioksidan yang sering digunakan sebagai aditif bahan makanan (E 321) untuk mencegah timbulnya ketengikan dalam lemak.

Cairan lambung (*gastric juice*): hasil sekresi lambung mengandung asam klorida (5 g per l), ion mineral dan kation-kation Na, K, Ca, serta Mg. Asam klorida digunakan untuk mempertahankan pH 1-2 tergantung pada spesies hewan; pada anak hewan yang masih menyusu pH lebih tinggi, yaitu 3 - 4. Komponen utama cairan lambung yang lain adalah 3 macam endopeptidase: pepsinogen (*propepsin*), yang diaktifkan oleh asam klorida dan memecah ikatan peptida pada posisi asam amino aromatik; katepsin (*gastriksin*), juga dikeluarkan sebagai proenzim; renin, yang hanya terbentuk pada perut mamalia muda dan bekerja pada misel kasein dengan menghidrolisis fraksi dan menyebabkan penggumpalan. Cairan lambung juga mengandung sejumlah kecil lipase, mukopolisakarida sulfat, dan beberapa macam glikoprotein, yang berperan pada proses pencernaan bermacam-macam nutrien. Orang dewasa memproduksi sekitar 1-1,5 l cairan lambung per hari.

Cat Gram (*Gram stain*): suatu cat bakteriologis paling penting; ditemukan pertama kali pada tahun 1880 oleh Christian Gram. Bila bakteri dicat dengan kristal violet atau cat dasar lainnya, beberapa spesies tertentu (Gram negatif) akan dengan mudah dilunturkan warnanya dengan pelarut organik yaitu etanol atau aseton; sedangkan yang lainnya (Gram positif) tidak akan luntur. Cat Gram merefleksikan perbedaan dasar dinding sel dari dua golongan bakteri.

Celcius, skala (*Celsius scale*) suatu skala suhu yang awalnya disebut sentigrade. Skala tersebut berdasarkan pada 100 interval derajat yang sama antara titik leleh air murni pada 0°C dan titik didihnya pada tekanan 1 atmosfer (760 mm Hg) pada suhu 100°C. Unit Satuan Internasional suhu adalah Kelvin (K) dan 1°K setara dengan 1°C, dan 0°C sama dengan 273°K. Perubahan suhu dalam derajat Celsius menjadi derajat Fahrenheit (T) adalah $T = 9/5 \times ^\circ\text{C} + 32^\circ$.

CMC (*Carboxymethylcellulose*) atau karboksimetil sellulosa

COD: singkatan dari *Chemical Oxygen Demand*, merupakan ukuran tentang banyaknya kebutuhan oksigen kimiawi yang diperlukan untuk mengoksidasi senyawa kimia (mineral ataupun organik) yang ada dalam air; COD dinyatakan dalam mg oksigen per liter air.

Daging kyuring (*cured meats*): daging awetan yang umumnya diolah dengan penggaraman. Organisme pembusuk tidak akan mampu tumbuh karena akibat aktivitas air yang rendah. Pengawetan dapat dilakukan dengan menebarkan garam pada permukaan daging. Namun sekarang, daging umumnya ditempatkan dalam suatu tangki bergaram. Injeksi dapat pula untuk mempercepat kuring "Corn" merupakan istilah yang digunakan untuk garam berbutir dan hasilnya disebut dengan nama "corned beef". Nitrit mungkin pula dimasukan pula dalam garam untuk nitrosomioglobin. Daging yang telah mengalami kuring dinilai berdasarkan sifat flavor biogis yang mereduksi nitrat menjadi nitrit dan No yang mampu mereduksi feri menjadi fero, selanjutnya terjadi denaturasi globin oleh panas. Reaksi perubahan warna daging yang dikyuring adalah sebagai berikut :

Dekstrorotatori (*dextrorotatory*): sifat suatu substansi dengan atom karbon yang mampu memutar sinar polarisasi searah jarum jam atau putar kanan. Sifat ini ditunjukkan dengan simbol (+) sebelum nama substansi.

Dekstrosa (*dextrose*): nama lain glukosa.

Denaturasi (*denaturation*): perubahan struktur molekul protein yang menyebabkan perubahan sifat-sifat fisik, kimiawi, dan

biologis. Denaturasi terjadi dengan perlakuan panas, alkohol, aseton, asam, getaran ultrasonik, atau radiasi ultraviolet. Denaturasi tidak termasuk hidrolisis ikatan peptida. Nilai gizi tidak akan berubah meskipun protein kehilangan sifat biologisnya. Denaturasi albumin menyebabkan proteolisis berlangsung lebih mudah. Selama pemanasan makanan dengan pasteurisasi atau sterilisasi kimiawi, di samping terdenaturasi, kemungkinan protein akan rusak oleh karena interaksi komponen-komponen dalam makanan, yang berakibat nilai gizinya berkurang.

Detoksikasi (*detoxication*): penghilangan substansi toksin dari produk makanan; dapat dilakukan dengan pelarut, reaksi kimia, enzim, atau aktivitas mikroorganisme. Pada hewan tingkat tinggi, detoksikasi terjadi pada hati.

Ekskresi (*excretions*) pengeluaran produk dari dalam tubuh. Sesuai dengan sifat metabolisme, pengeluaran produk dapat terjadi melalui feses (mineral, molekul-molekul hidrofobik), urine (molekul larut air), respirasi (CO₂, air), atau lewat kulit (elektrolit, nitrogen). pengeluaran produk lewat kulit terjadi pada lingkungan yang panas.

Ekstrusi (*extrusion*): suatu proses dengan memberikan tekanan dan panas pada suatu bahan dengan kadar air tertentu, sehingga produk masakan keluar melalui lubang kecil dengan bentuk dan ukuran tertentu.

Emulsi (*emulsion*): suatu campuran antara dua cairan yang tidak saling melarutkan, cairan yang satu terdispersi dalam bentuk tetesan-tetesan dalam fase kontinu dari cairan yang lain.

Emulsi, penstabil (emulsifier): suatu bahan surface aktif yang dapat menurunkan kecenderungan tetesan-tetesan dalam suatu emulsi untuk bergabung; kestabilan terjadi oleh adanya tegangan permukaan. Bahan yang dapat menstabilkan emulsi secara baik mempunyai gugus polar dan nonpolar rang kuat dan dapat mencegah bergabungnya tetesan-tetesan dalam emulsi karena adanya penyerapan molekul bahan surface aktif pada permukaan fase yang terdispersi. Garam-garam empedu berfungsi sebagai bahan penstabil dalam bentuk daerah usus halus yang menstabilkan globula dalam suspensi dan juga membantu dalam mencerna lemak. Dalam pengelolaan makanan bahan penstabil emulsi yang sering digunakan adalah lesitin yang berasal dari kuning telur atau kedelai. Ada juga beberapa emulsifier sintetik yang digunakan seperti monogliserida, monoster gliserol, bahan pengatur testur juga dapat mempertahankan stabilitas emulsi.

Enzim (enzymes) : suatu protein yang berperan sebagai katalis biologi (biokatalisator). Enzim tertentu pada dasarnya akan mengkatalisis setiap reaksi di dalam set hidup. Misalnya,

Escherichia coli, telah diketahui paling tidak memiliki 3.000 enzim yang berbeda, dan Bel eukariotik memiliki sekitar 50.000 macam enzim. Semua enzim merupakan protein, yang memerlukan suatu kofaktor agar dapat aktif. Kofaktor tersebut dapat berupa unsur anorganik, misal besi (Fe) atau tembaga (Cu), atau senyawa organik, misal FAD, NAD. Enzim peka terhadap pH ekstrem, dan umumnya menjadi inaktif pada suhu 60°C.

Enzimatik, aktivitas (enzymatic activity) aktivitas enzimatik dapat ditentukan sebagai jumlah mikromol substrat yang diubah oleh enzim dalam satu menit (pada laju reaksi maksimum dan substrat yang berlebihan) Satuan (IU) merupakan jumlah protein enzim yang mengubah satu mikromol substrat permenit pada kondisi standar (baku). Aktivitas enzim spesifik adalah jumlah mikromo; substrat yang diubah oleh 1 mg protein enzim dalam satu menit.

Escherichia coli : spesies bakteri yang sangat besar tersebar ke seluruh tempat yang berasal dari saluran pencernaan.

Esensial (essential) : istilah untuk menerangkan sesuatu bahan yang tak dapat disintesis oleh tubuh, padahal bahan tersebut sangat diperlukan tubuh untuk menjaga agar fungsi organ baik. Oleh karenanya, zat esensial tersebut harus ada pada makanan yang dikonsumsi dalam jumlah cukup. Bila kekurangan zat ini akan menyebabkan penyakit atau me-

ngurangi kecepatan dalam pertumbuhan dan perkembangan badan. Yang termasuk senyawa esensial bagi manusia ialah sebagai berikut.

1. Mineral yang mempunyai fungsi biologis.
2. Vitamin: retinol tokoferol, tiamin, riboflavin, piridoksin, kobalamin, asam askorbat, asam pantotenat, asam folat dan biotin.
3. Asam lemak esensial: linoleat, linolenat, arakidonat.
4. Asam amino esensial: isoleusin, leusin, lisin, metionin, fenilalanin, tirosin, triptofan dan valin.

Etilen (ethylene) : senyawa gas yang mengatur pematangan (ripening) buah; etana $\text{CH}_2 = \text{CH}_2$ Produksi etilen pada buah meningkat secara tajam sewaktu mulai matang.

Eukariotik (*eukaryotic*): sel eukariotik merupakan unit struktur tanaman, hewanm protozoa, fungi, dan kebanyakan algae (ganggang). Sel eukariotik secara has mengandung lebih dari satu kromosom, satu membrane inti, DNA yang terikat ke histon, DNA dalam organel-organel, mitokondria dan atau kloplas, dan kompleks Golgi.

Fahrenheit, derajat (*Fahrenheit degree*) suatu skala suhu yang ditentukan oleh Gabriel Fahrenheit (1686-1736), seorang ahli fisika bangsa jerman. Dalam skala Fahrenheit (°F), suhu air membeku 32°F, dan suhu air mendidih 212°F.

Konversinya ke derajat Celcius adalah $^{\circ}\text{C} = 5/9 (^{\circ}\text{F} - 32^{\circ})$.

FAO: singkatan *Food and Agriculture Organization*; organisasi dari Perserikatan Bangsa-Bangsa yang berhubungan dengan produksi pertanian dan pangan; bermarkas besar di Roma.

Fenilalanin (*phenylalanine*) : asam amino aromatik netral yang tersusun dari cincin bensen dan rantai samping alanin; merupakan asam amino esensial bagi manusia dan hewan monogastrik, dan sebagian dapat diganti dengan tirosin.

Fermentasi (*fermentation*) suatu reaksi metabolisme yang meliputi sederet reaksi oksidasi-reduksi, yang donor dan aseptor elektronnya adalah senyawa-senyawa organik, umumnya menghasilkan energi. Fermentasi dilakukan oleh bakteri, fungi dan *yeast* tertentu, baik fakultatif maupun obligat. Contoh fermentasi alkohol merupakan proses paling penting pada tips ini.

Fermentasi atas (*fermentation top*) suatu fermentasi oleh suatu strain *Saccharomyces cereviseae* terhadap bahan pada suhu 15-20°C. *Yeast* muncul ke permukaan dan secara periodik dihilangkan. Fermentasi sempurna berlangsung selama satu minggu.

Fermentasi bawah (*fermentation, bottom*). suatu fermentasi oleh strain *Saccharomyces carlbergensis* atau strain tertentu *S. Cereviseae* pada suhu rendah (kira-kira 10°C)

secara perlahan-lahan. Fermentasi bawah berlangsung lebih lama dari fermentasi atas, selama proses *yeast* cenderung mengendap (turun ke dasar bejana).

Fermentasi nilai (*fermentation value*) rasio antara gula yang digunakan dengan *yeast* yang dihasilkan dalam produksi sel-sel *yeast*. Dalam pembuatan roti nilai fermentasi dapat dinilai sebagai jumlah gas CO₂ yang dihasilkan di bawah kondisi standar.

Fermentor (*fermentor*) : peralatan untuk mengendalikan pertumbuhan mikroorganisme dalam medium cair. Parameter-parameter seperti pH, komposisi medium, suhu, pengadukan, konsentrasi metabolit dan gas dapat dimonitor serta dikendalikan.

Feses (*faeces*) : ekskreta yang dikeluarkan dari jalur pencernaan. Jumlah yang dihasilkan orang bervariasi dari 80 sampai 200 g per 24 jam. Warnanya disebabkan oleh sterkobilin yang diturunkan dari pigmen. Feses terutama tersusun oleh residu sekresi usus halus, lendir, leukosit, dan sejumlah besar sel bakteri dari mikroflora usus halus.

Fitat asam (*phytic acid*) : inositol heksafosfat C₈H₁₈O₂₄, BM = 660,08; terdapat pada biji-bijian seperti kacang-kacangan dan sereal. Asam fitat merupakan cadangan unsur fosfat (P) dalam biji. Kadar asam fitat bertambah besar pada biji yang semakin tua. Asam fitat dihidrolisis oleh enzim fitase menjadi inositol dan asam

fosfat. Asam fitat disebut zat anti gizi karena sifatnya dapat mengikat unsur-unsur Ca, Fe, Mg, Zn, dan membentuk garam yang mengendap. Karen terbentuknya garam yang tidak larut ini, maka penyerapan unsur-unsur tersebut oleh darah akan terganggu. Apabila berlangsung lama akan

mengakibatkan tubuh kekurangan mineral tersebut dan dapat mengganggu kesehatan. Dalam tubuh manusia tidak terdapat enzim fitase yang dapat memecah fitat. Kandungan fitat dalam berbagai bahan tertera pada Tabel F-1.

Tabel F-1
Kandungan asam fitat dan kalium bermacam-macam makanan

Macam-macam makanan	Asam fitat		Kalium mg/100 bahan	Asam fitat/Ca (mil equivalen)
	mg/100 g bahan	p % total		
Produk biji-bijian				
Biji utuh :				
Jewawut'	725	70	15	17,5
Cantel	920	75	20	16,5
Jagung	890	75	20	14,5
Barley	660	55	20	12,0
Gandum	960	70	35	10,0
Bergs	710	70	30	8,5
Rye	870	75	40	8,0
Oat	990	70	50	7,0
Produk gandum				
Tepung 100% ER	960	70	35	10,0
Tepung 85% ER	520	60	20	9,5
Tepung 70% ER	380	50	15	9,5
Roti 100% ER	660	50	35	6,5
Roti 85% ER	250	25	20	4,5
Roti 70% ER	140	20	15	3,5
Dedak	150	90	120	3,5
Sayuran				
Lentil	1050	90	80	4,81.
Biji Haricot	970	60	145	2,4
Chick pea	890	75	150	2,2
Biji berminyak				
Kacang tanah	725	55	70	3,8
Kedelai	1420	65	230	2,3
Kapas	1290	40	230	2,0
Sayuran hijau				
Kacang hijau	185	45	100	1,5
Kentang	55	35	35	0,6
Produk lainnya				

Macam-macam makanan	Asam fitat		Kalium mg/100 bahan	Asam fitat/Ca (mil equivalen)
	mg/100 g bahan	p % total		
Kakao	600	25	130	1,7
Kenari	430	25	.50	3,0

Flavonoid (*flavonoid*) : kelompok pigmen fenolat yang memberikan warna pada sayuran, buah-buahan, dan bunga, pigmen dalam bentuk heterosida glukosa atau rhamnosa. Pigmen ini berasal dari kondensasi tiga gugus karbon nomor 2 asam hidroksi sinamat atau turunannya, dan membentuk dua cincin fenolat A dan B yang dihubungkan oleh sebuah rantai dengan tiga atom karbon (maka disebut senyawa C₆ - C₃ - C₆) membentuk suatu kalkan. Apabila rantai C₃ berakhir pada OH fenol dari cincin A, diperoleh suatu senyawa heterosiklis teroksidasi. Dikenal berbagai senyawa flavonoid yang tergantung pada derajat oksidasinya (antosianidin, flavonol, flavonon, Berta flavononal).

1. Antosianictin, biasanya terdapat sebagai glikosida, disebut antosianin, yang merupakan molekul terion berwarna merah dalam medium asam dan biru dalam medium alkalis (seperti pelargonidin, sianidin, dan delphinidin).
2. Flavonol, memberikan warna kuning pada beberapa bunga.

Flaflora usus (*gut flora*) mikroflora dalam rongga pencernaan di *duodenui* sekitar 10³ per ml. Konsentrasi ini meningkat sepanjang jalur intesti menjadi 10¹ di *ileuin*, 10¹¹ di *caecum*, dan 10¹¹ di *colon*. Bagian atas intesti didominasi bakteri Gram-positif, yang secara bertahap bagian lebih bawah didominasi bakteri Gram-negatif. Di colon terdapat campuran, Entrobacteriae, Enterococci, Lactobacilli, Clostridia, dan sebagainya. Organisme tersebut memproduksi enzim-enzim untuk menghidrolisi dan merombak nutrien. Flora mengembangkan α- dan β-glukosidas dan disakaridase yang menghidrolisis karbohidrat tercerna dan sebagian karbohidrat tidak tercerna. Deaminase merombak asam amino menjadi amonia dan rantai karbon dengan gugus-gugus karboksil, alkoho dan atau aldehid. Asam amino didekarboksilasi menjadi amina dan karbon dioksida. Vitamin K dan B-komplek disintesis oleh flora usus dalam jumlah yang cukup guna kebutuhan tubuh, baik pada hewan monogastrik maupun poligastrik.

Fortifikasi (*fortification*) : penambahan nutrien ke dalam produk makanan untuk mengatasi defisiensi alamiah. Misalnya, fortifikasi tepung ketela dengan vitamin B-komplek, besi, dan kalsium. Fortifikasi sinonim dengan "pengayaan" atau enrichment dan lebih berimplikasi ke penambahan substansial dibanding istilah *suplementasi*.

Fotosintesis (photosynthesis) : sintesis karbohidrat dari air dan karbondioksida oleh tanaman berklorofil dengan menggunakan energi cahaya matahari. Reaksi umum fotosintesis adalah sebagai berikut.



Sistem reaksi ini dapat dibagi menjadi dua tahap.

1. Reaksi terang yang memerlukan cahaya (fotokimia), energi cahaya diserap oleh Klorofil yang menyebabkan terjadi fotolisis air dan memberikan elektron dan oksigen + ion hidrogen seperti reaksi Hill's:

$$2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 4\text{e}^- + 4\text{H}^+ + \text{O}_2$$

Elektron ditransfer sepanjang rantai senyawa oksidasi atau reduksi dan selanjutnya membentuk ATP dan koenzim tereduksi berupa NADPH; senyawa terakhir ini yang selanjutnya digunakan dalam reaksi tahap kedua yang disebut reaksi gelap.

2. Reaksi gelap: CO₂ difiksasi pada ribulosa difosfat kemudian masuk pada lingkaran Calvin lewat fosforilasi triosa, tetrosa, pentosa, heksosa, dan heptulosa serta menghasilkan kembali (regenerasi) reseptor CO₂ (ribulosa difosfat). Reaksi metabolik ini menggunakan ATP dan NADPH sebagai sumber energi yang diproduksi dari reaksi terang. Hampir semua jasad hidup, kecuali bakteri, menggunakan air sebagai donor elektron atau hidrogen. Bakteri menggunakan H₂S dan isopropanol sebagai donor elektron. Polimerisasi gula menjadi pati dilakukan pada jaringan, penyimpanan hasilnya pada umbi, batang, atau buah, dan biji.

Fotosintesis merupakan kebalikan dari reaksi respirasi, yaitu memecah gula secara oksidasi menghasilkan air, karbondioksida dan energi.

Gel : suatu koloid di mana fase yang terdispersi bersama-sama dengan fase kontinu menghasilkan bahan viskus seperti jeli. Gel dibuat dengan cara mendinginkan suatu larutan ketika zat terlarut membentuk kristal submikroskopik yang menahan sebagian besar pelarutnya.

Gelatin (*gelatin*) : protein yang larut dalam air, berasal dari pemecahan kolagen dengan perlakuan asam atau dengan air mendidih. Pada saat pendinginan akan terbentuk gel yang sanggup mengabsorpsi air sebanyak 5-10 kali bobot bahannya. Lih. **kolagen**.

Gelatinisasi (*gelatinization*) : peristiwa terbentuknya gel dari pati karena perlakuan dengan air panas. Gel dapat memiliki selaput yang tidak dapat berubah pada permukaan produk sehingga mengurangi kehilangan nutrisi yang larut dalam air bila produk dimasak atau direndam dengan air.

Glikogen (*glycogens*) : polimer glukosa yang berfungsi sebagai cadangan energi pada hewan, terkonsentrasi di dalam hati dan otot. Juga terdapat pada sel-sel mikroorganisme tertentu. Strukturnya mirip amilopektin, tetapi mempunyai cabang lebih banyak namun rantainya lebih pendek. Bobot molekulnya di atas satu juta. Bila bereaksi dengan iodine menyebabkan glikogen berwarna cokelat merah gelap.

Heterotrof : Organisme yang membutuhkan senyawa organik, dimana karbon diekstrak untuk pertumbuhannya. Termasuk ke dalam heterotrof adalah semua hewan, jamur dan bakteri

Homogenisasi (*homogenisation*) proses untuk mempertahankan emulsi lemak dalam air. Pada susu atau krim dilakukan dengan cara mengalirkan susu melalui suatu pengabut dalam 2 tahapan, mula-mula dengan tekanan tinggi (200 bar) kemudian dengan tekanan lebih rendah (50 bar). Pada proses ini terjadi pengecilan ukuran globula lemak menjadi 1-2 μ m, sehingga dapat mencegah-terjadinya pemisahan lemak tersebut dari komponen penyusun susu yang lain. Proses ini dilakukan sebelum susu dipasteurisasi.

GRAS : singkatan *Generally Recognized As Safe*, keterangan yang diberikan pada bahan tambahan makanan oleh FDA yang menunjukkan bahwa bahan tersebut dianggap tidak berisiko bagi konsumen dan belum ada laporan mengenai gangguan yang ditimbulkannya.

Goiter : adalah pembesaran atau hypertrophy dari kelenjar thyroid. Grade goiter ada 3 yaitu : (1) Pembesaran, kecil dapat dideteksi dengan palpasi; (2) Leher yang tebal; (3) Pembengkakan yang besar yang terlihat dari jarak jauh

Histamin : Zat yang diproduksi oleh tubuh yang keluar sebagai reaksi terhadap rangsangan tertentu, misalkan pada reaksi alergi terhadap rangsangan benda asing. Histamina memiliki nama kimia 1H-imidazol-etanamin yang merupakan hasil dekarboksilasi histidin (C₅H₉N₃). Zat ini ditemukan dalam semua jaringan tubuh, khususnya dalam sel *mast* dan basofil darah yang berhubungan dengannya

Homogenisasi (*homogenisation*) : proses untuk mempertahankan emulsi lemak dalam air. Pada susu atau krim dilakukan dengan cara mengalirkan susu melalui suatu pengabut dalam 2 tahapan, mula-mula dengan tekanan tinggi (200 bar) kemudian dengan tekanan lebih rendah (50 bar). Pada proses ini terjadi pengecilan ukuran globula lemak menjadi 1-2 μ m, sehingga dapat mencegah-terjadinya pemisahan lemak tersebut dari komponen penyusun susu yang lain. Proses ini dilakukan sebelum susu dipasteurisasi.

Inaktivasi (*inactivation*) : proses penghambatan aktivitas biologis dan fisiologis substansi tertentu. Inaktivasi tersebut mungkin menguntungkan, misal hilangnya toksisitas atau merugikan, misal hilangnya aktivitas enzim yang menguntungkan. Inaktivasi dapat dilakukan dengan secara fisik atau kimia.

Inkubasi (*incubation*) perlakuan produk kimia atau biologik pada kondisi tertentu dalam lingkungan yang terkendali. Inkubasi dapat dilakukan dalam almari khusus atau dalam suatu penangas yang dinamakan inkubator.

In-vitro : (M-vitro proses yang berlangsung di luar tubuh, kebanyakan diterapkan pada prosedur laboratorium. Pencernaan in-vitro merupakan suatu pencernaan buatan dari zat-zat makanan yang dilakukan dalam laboratorium dengan enzim-enzim yang berasal dari sistem pencernaan.

In-vivo : proses yang berlangsung dalam organisme hidup. Pencernaan in-vivo dengan demikian mengacu pada studi mekanisme pencernaan yang berlangsung pada hewan.

Katabolisme (*catabolism*). pemecahan nutrisi (karbohidrat, lipid, dan protein) dalam jaringan hidup menghasilkan senyawaan BM lebih kecil, penting dalam menghasilkan energi dan biosintesis. Energi yang dibebaskan dari reaksi ini disimpan dalam bentuk ikatan fosfat (ATP) digunakan bila diperlukan.

Katalase (*catalase*) : enzim yang mengkatalisis dekomposisi H_2O_2 menghasilkan oksigen. Umumnya terjadi di alam, terutama pada mikroorganisme *Micrococcus lysodeikticus*, eritrosit dan hati. Katalase di dalam susu biasa digunakan untuk diagnosis mastitis.

Katalis (*catalyst*). suatu bahan yang dapat mempercepat terjadinya reaksi kimia tanpa ikut dalam reaksi. Enzim adalah katalis biologis atau biokatalisator.

Keasaman (*acidity*) sifat asam suatu bahan, contoh aktivitas lipase pada lemak menyebabkan keasaman lemak. Keasaman dapat diukur dengan banyaknya ml NaOH 1N yang dibutuhkan untuk menetralkan asam lemak bebas yang terkandung dalam 100 g lemak. Nilai ini disebut derajat keasaman.

Kelvin, derajat (*Kelvin degree*) : satuan suhu absolut Kelvin ($^{\circ}K$). $^{\circ}K = 273,15^{\circ}C$. Titik beku air dalam skala Kelvin adalah $273,15^{\circ}K$. Penyimpangan satu derajat Kelvin ekuivalen dengan satu derajat Celsius.

Rigor mortis : tahap transisi selama pematangan karkas yang ditandai dengan keras dan kakunya otot.

Koagulasi (Coagulation) : Proses terjadinya gumpalan akibat aglomerasi molekul-molekul suatu larutan atau suspensi

Koenzim (coenzyme) fraksi nonprotein enzim yang diperlukan untuk aktivitas enzim. Sebagian besar koenzim berupa turunan dari vitamin B kompleks, unsur anorganik seperti kalsium (Ca^{++}), kalium (K^+) juga merupakan koenzim beberapa enzim. Koenzim dapat dibedakan dari gugus prostetik enzim dengan sifat-sifat yaitu sebagai berikut.

1. Koenzim tidak terikat kuat dengan enzim.
2. Satu molekul koenzim dapat berperan pada banyak reaksi yang dikatalisis oleh sejumlah enzim.
3. Gugus prostetik terikat kuat pada enzim dan hanya berperan dalam reaksi yang dikatalisis oleh enzim itu.

Koenzim A (coenzyme A) koenzim yang tersusun atas asam pantotenat dan adenosin trifosfat (ATP). Koenzim A (KoA) mudah larut dalam air, tidak larut dalam pelarut nonpolar dan mudah teroksidasi. KoA berperan pada transfer gugus asil seperti dalam sintesis kolesterol, P-oksidasi, daur Krebs, dan pemanjangan asam lemak. Satu unit KoA ekuivalen dengan $0,7 \mu\text{g}$ asam pantotenat; 1 mg mengandung 413 satuan Lipmann.

Koenzim Q (*coenzyme Q*) : strukturnya sangat mirip dengan vitamin K, vitamin E, dan plastokuinon, memiliki cincin kuinon yang mengikat gugus metoksil dan rantai samping dengan molekul dasar isopren. Koenzim Q dapat direduksi dari quinol menjadi quinon dan bersifat reversibel. Koenzim Q berperan dalam rantai reaksi respirasi. *Sin.* ribikuinon.

Kolesterol (cholesterol) : sterol yang memiliki cincin tidak jenuh; merupakan prekursor asam empedu, hormon seks, dan vitamin D. Kolesterol merupakan penyebab aterosklerosis dan gangguan kardiovaskuler. Sumber utama kolesterol adalah otak, hati, kuning telur, mentega, serta lemak hewani.

Kwashiorkor : Kwashiorkor adalah suatu sindrom yang diakibatkan defisiensi protein yang berat. Istilah ini pertama kali digunakan oleh Cecily Williams bagi kondisi tersebut yang diderita oleh bayi dan anak balita.

Komponen Bioaktif : Senyawa minor yang ada dalam makanan mempunyai efek fisiologis yang positif dan negative

Kretinisme : Kretinisme adalah suatu kelainan hormonal pada anak-anak. Ini terjadi akibat kurangnya hormon tiroid. Penderita kelainan ini mengalami kelambatan dalam perkembangan fisik maupun mentalnya.

Lactobacillus sp : suatu genus bakteri Gram positif yang menghasilkan asam laktat dalam fermentasi karbohidrat. Lactobacillus tidak patogen, terdapat dalam mulut dan saluran pencernaan manusia. Bakteri tersebut

penting dalam fermentasi bermacam-macam makanan, seperti keju, asinan, dan yoghurt.

Lactobacillus bifidus : bakteri Gram positif yang banyak terdapat dalam flora perut anak-anak yang menyusui, memegang peranan penting dalam memelihara kesehatan normal saluran pencernaan bayi. Belum jelas pengaruhnya terhadap mukosa usus atau pengaruh penghambatan pertumbuhan organisme patogen dalam perut. Sin. bacteroides bifidium.

Makromineral: mineral yang dibutuhkan dalam jumlah banyak, antara lain Ca, P, K, Na, Cl, S dan Mg

Marasmus : penyakit yang biasanya menimpa anak-anak yang tidak lagi mengkonsumsi air susu ibu. Keadaanya mirip dengan kwashiorkor namun tidak ditandai dengan edema. Lih. kwashiorkor.

Mikroorganisme Halofilik (halophilic microorganism): jenis mikroorganisme yang membutuhkan garam natrium chlorida (NaCl) dalam jumlah besar untuk pertumbuhannya. (Kadang tahan sampai konsentrasi NaCl 20%) dalam media yang kandungan garamnya kurang mencukupi, jenis mikroorganisme ini halofilik ini akan menyerap air kemudian akan mengalami *turgescensi*

Mesofil (mesophiles): mikroorganisme yang tumbuh optimal antara 20-45°C, dapat dihambat pertumbuhannya dengan suhu rendah.

Mikromineral: mineral yang dibutuhkan dalam jumlah sedikit, antara lain Fe, Zn, Cu

Nilai D (D value) : ukuran stabilitas thermal senyawa biokimia atau mikroorganisme. Nilai tersebut menyatakan jangka waktu perlakuan panas yang diperlukan pada suhu tertentu untuk mereduksi kadar senyawa atau mikroorganisme yang bersangkutan sampai sepersepuluh nilai mula – mula, Suhu yang ditetapkan ditunjukkan sebagai subskrip. Jika suhu tersebut 121°C (250°F) yang digunakan untuk sterilisasi, maka nilai tersebut dituliskan D_{121} .

Obesitas (obesity) : hipertropi dari jaringan subkutan adiposi yang disebabkan oleh kelebihan energi yang di konsumsi dalam menu makanan atau disebabkan oleh gangguan fisiologis seperti kelaianan hormon.

Osteoporosis : Osteoporosis merupakan suatu gangguan dengan sifat-sifat khas berupa massa tulang yang rendah disertai perubahan-perubahan mikro arsitektur dan kemunduran tulang yang akhirnya menyebabkan terjadinya peningkatan kerapuhan tulang dan peningkatan risiko terjadinya patah tulang.

Antihistamin : Kelompok obat yang mencegah kerja histamina dalam tubuh.

Oligosakarida : Oligosakarida merupakan gabungan dari molekul-molekul monosakarida. Oligosakarida dapat berupa disakarida, trisakarida, dan seterusnya. Sebagian besar oligosakarida dihasilkan dari proses hidrolisa polisakarida dan hanya beberapa oligosakarida yang secara alami terdapat di alam.

Probiotik : Bakteri yang hidup dalam saluran cerna yang bersifat baik dan mendukung saluran cerna.

Contoh probiotik: Bifidobacterium, Eubacterium, dan Lactobacillus. P

Prebiotik : Makanan Probiotik, yaitu kandungan makanan yang tak dapat dicerna yang memiliki keuntungan merangsang pertumbuhan dan/ atau aktivitas satu atau sejumlah bakteri baik di usus”.

Fitokimia : Komponen bioaktif di dalam sayur dan buah-buahan yang berpengaruh secara fisiologis untuk meningkatkan kesehatan, mencegah, serta mengobati berbagai penyakit

Pasteurisasi (pasteurisation): pasteurisasi proses panas yang digunakan untuk memperpanjang umur simpan produk pangan dengan cara mengurangi jumlah mikroorganisme dalam produk tanpa mempengaruhi sifat-sifat fisiko-kimiawi dan organoleptiknya. Karena proses ini tidak merusak seluruh mikroorganisme, pengaruhnya bersifat sementara dan produk yang dipasteurisasi harus disimpan dalam suhu dingin dan hanya untuk waktu pendek. Teknik Pasteurisasi dapat dilaksanakan pada dua suhu yang berbeda.

Proteinogenik : Asam amino dasar atau asam amino baku atau asam amino penyusun protein

Psikrofil (Psychrophiles): mikroorganisme yang dapat tumbuh pada suhu rendah. Kecepatan pertumbuhan maksimum terjadi pada suhu kira - kira 10°C dan pada suhu 30°C pertumbuhannya terhambat. Mikroorganisme ini tumbuh secara kontinu pada suhu ruang pendingin (4°C) yang menyebabkan pengawetan beberapa makanan dan bahan biologis hanya efektif bila dilakukan dalam waktu pendek pada suhu dingin.

Psikrotrof (psychrotrophs) : mikroorganisme yang dapat tumbuh optimal pada suhu kira-kira 20°C, tetapi sanggup tumbuh pada suhu pendingin meskipun secara lambat.

Reaksi Maillard : Suatu reaksi kimia yang terjadi antara asam amino dan gula tereduksi, biasanya terjadi pada suhu yang tinggi. Reaksi non

enzimatik ini menghasilkan pewarnaan coklat (browning), menghasilkan warna dan aroma yang khas; proses ini berlangsung dalam suasana basa.

Resemisasi asam-asam amino : Perubahan konfigurasi asam amino dari bentuk L ke bentuk D

Rigor mortis : tahap transisi selama pematangan karkas yang ditandai dengan keras dan kakunya otot.

Saccharomyces (*accharomyce*): yeast yang digunakan secara luas dalam industri pengolahan pangan seperti baking, peragian (*S. Cerevisae*), dan pengolahan susu (*S.lactis*), untuk proses fermentasi dan untuk produksi yeast pangan. *Saccharomyces* kebanyakan memfermentasi heksosa.

Salmonella : genus bakteri Gram –negatif, bersifat aerob atau anaerob, kebanyakan merupakan spesies penyebab keracunan pangan seperti: *salmonella typhii* (typhoid), *S. Paratyphi* (paratipoid), dan *S. enteroidis*.

Salmonellosis : keadaan patologi disebabkan oleh berbagai spesies. *Salmonella* sp. yang menimbulkan gejala keracunan.

Serat kasar (crude fibre) : bagian karbohidrat tak tercerna dalam diet (gizi). Ditentukan dengan ekstraksi sampel pertama kali petroleum eter untuk menghilangkan lemak. Kemudian dengan asam sulfat dan dihidrolisis residu tak larut dengan natriumhidroksida. Residu kedua setelah dicuci dan dihilangkan bagian abunya merupakan serat kasar. Metode ini dikembangkan di stasiun Agronomi Weende, Belanda pada abad ke- 19 dan masih dapat diandalkan dalam prosedur analisis.

Serat makan (dietary fibre) : komponen dari jaringan tanaman yang tahan terhadap hidrolisis oleh enzim dalam lambung dan usus kecil.

Sporulasi (sporulation) : pembentukan spora dari beberapa organisme bentuk vegetatif.

Sterilisasi (sterilisation) : perlakuan yang dirancang untuk membunuh semua mikroorganisme dan spora pada bahan makanan sehingga makanan menjadi tahan lama dalam penyimpanan dan aman dikonsumsi. Sterilisasi biasanya dilakukan pada suhu 121°C selama 15 – 50 menit untuk produk makanan yang sudah dikemas, atau bisa juga dilakukan pada suhu 130 – 145 °C selama beberapa detik untuk produk makanan berupa cairan. Proses ini juga dikenal dengan istilah UHT (Ultra High Temperature).

Tekanan osmosis (osmotic pressure) : tekanan yang diperlukan oleh larutan melalui dinding tipis semipermeable yang memisahkan hidro larutan. Dapat dihitung:

$$\pi = \frac{uRT}{V}$$

R = tetapan gas; T = suhu absolut (K); V = isi larutan; u = jumlah osmol dalam larutan.

Teksture (textur) : sifatnya mekanis, fisikawi, dan rheologis produk pangan yang dirasakan oleh mulut dan organ perasa. *Sin. konsistensi.*

Temperatur atau suhu (temperatures) : pengukur derajat (tingkat) panas suatu medium, yang diekspresikan dalam derajat Celcius (dulu disebut Centri grade), derajat Fahrenheit, atau derajat Kelvin:

$$t^{\circ}\text{C} = 5/9 (t^{\circ}\text{F} - 32)t^{\circ}\text{F} = 9/5 (t^{\circ}\text{C} + 32)t^{\circ}\text{K} = VC + 273,15$$

suhu absolute dalam termodinamika dinyatakan sebagai derajat Kelvin

Termofilik (Thermophilic) istilah diterapkan pada jasad renik, yang menerangkan bahwa jasad tersebut dapat tumbuh pada suhu tinggi, misalnya antara 25 - 75°C, dengan suhu optimum sekitar 55°C, tergantung pada strain-nya. Risiko terjadinya kontaminasi oleh jasad termofilik berlangsung bila suatu produk telah dipanaskan pada suhu tidak terlalu tinggi (60- 90°C) dan kemudian dibiarkan menjadi dingin perlahan-lahan sehingga jasad renik hidup dan tumbuh pada Suhu optimal pertumbuhannya.

Ultrace mineral : mineral diperlukan dalam jumlah yang sangat kecil (yodium, selenium, mangan, kromium, molibdenim, boron, dan kobalt)

Yeast (yeast) : organisme bulat bersel tunggal berukuran 1-10 μ m umumnya berkembangbiak dengan proses pernbentukan tonjolan (budding). Kebutuhan nutrien yeast sedikit yaitu nitrogen dalam bentuk sederhana, berbagai sumber karbon (heksosa, pentosa, disakarida, alkana) dan beberapa mineral kelumit. Pada kondisi anaerobik yeast mampu memetabolisme (memfermentasi) gula menjadi alkohol dan pada kondisi aerobik yeast menggunakan gula ini untuk pertumbuhan. Pada umumnya yeast tumbuh pada medium asam (pH 3,5 - 7) dan optimal pada suhu 20 sampai 30°C dan dalam kelembaban antara 60% dan 90%. Ada dua familia utama dari yeast yaitu (1) Cryptococcaceae yang terdiri dari Torulopsis (Torah) dan Candida, (2) Oidomycetaceae yang meliputi Kluyveomyces, Schizosaccharom, Picia, dan Hansenula. Beberapa yeast seperti *Candida spp.* adalah pathogenic.

Z value : suhu yang diperlukan ($^{\circ}\text{C}$) untuk menurunkan jumlah mikroorganisme 1 log cycle.

$$z = \frac{10}{\log Q_{10}}$$

Besarnya z value memberikan informasi resistansi relatif mikroorganisme terhadap perlakuan panas yang berbeda suhunya. Dengan mengetahui z value ini, memungkinkan dilakukan perhitungan kebutuhan waktu pemanasan yang dapat berakibat sama dalam mematikan mikroorganisme.

Antioksidan : Suatu senyawa yang akan mencegah radikal bebas yang dihasilkan dari proses oksidasi normal dalam tubuh. Radikal bebas ini akan merusak sel-sel tubuh sehingga berisiko menimbulkan penyakit.

Bahan Tambahan Makanan (BTM) : Bahan yang ditambahkan dengan sengaja ke dalam makanan dalam jumlah kecil, dengan tujuan untuk memperbaiki penampilan, cita rasa, tekstur, flavor dan memperpanjang daya simpan. Selain itu dapat meningkatkan nilai gizi seperti protein, mineral dan vitamin.

Klorofil : Pigmen hijau yang terdapat dalam kloroplas bersama-sama dengan karoten dan xantofil

Flavonoid : Zat warna alam yang mengandung dua cincin benzena yang dihubungkan dengan 3 atom karbon dan dirapatkan oleh sebuah atom oksigen

Myoglobin : Pigmen berwarna merah keunguan yang menentukan warna daging segar.

Kafein : Kafein ialah senyawa kimia yang dijumpai secara alami di dalam makanan, contohnya : biji kopi, teh, biji kelapa, guarana, dan maté. Ia terkenal dengan rasanya yang pahit dan berlaku sebagai perangsang sistem saraf pusat, jantung, dan pernafasan. Kafein juga bersifat diuretik.

Flavor enhancer : Istilah untuk bahan-bahan yang dapat meningkatkan rasa enak yang tidak diinginkan dari suatu makanan. Sedangkan bahan pembangkit itu sendiri tidak atau sedikit mempunyai cita rasa.

Fermentasi : Reaksi oksidasi-reduksi, di mana zat yang dioksidasi (pemberi elektron) maupun zat yang direduksi (penerima elektron) adalah zat organik dengan melibatkan mikroorganisme (bakteri, kapang dan ragi). Zat organik yang digunakan umumnya *glukosa* yang dipecah menjadi *aldehida*, alkohol atau asam.

Irradiasi : Teknologi pengawetan makanan menggunakan radiasi, bertujuan untuk mengendalikan mikroba patogen, mengurangi infeksi serangga, menghambat pematangan, memperpanjang masa simpan, dan

memperlambat pematangan buah. Menurut aturan Codex 106-1983, Rev.1-2003, ada tiga sumber radiasi ionisasi yang dapat digunakan untuk pangan, yaitu sinar gamma dari radionuklida ^{60}Co or ^{137}Cs , sinar-X yang dipancarkan dari sumber yang dioperasikan pada atau di bawah tingkat energi 5 MeV, dan elektron yang dipancarkan dari sumber yang dioperasikan pada atau di bawah tingkat energi 10 MeV.

Anabolisme : penyusunan senyawa sederhana menjadi biomol dengan bantuan energi yang dihasilkan pada katabolisme.

Asam absisik (*abscissic acid*): hormon yang dapat merangsang terjadinya proses absisi.

ATP (Adenosin trifosfat) : suatu substansi yang tersusun dari adenine, ribose, trifosfat yang mengandung dua ikatan fosfoanhidrida. Energi bebas dalam jumlah besar akan dilepaskan pada hidrolisis masing-masing ikatan itu. ATP merupakan senyawa energi tinggi yang berperan sebagai cadangan energi yang dibutuhkan sel untuk berbagai metabolisme.

Browning : Raksi maillard adalah reaksi antara karbohidrat khususnya gula pereduksi dengan gugus amina primer. Hasil reaksi ini berupa produk berwarna coklat yang sering dikehendaki namun kadang-kadang menjadi pertanda penurunan mutu. Pada buah dan sayur reaksi pencoklatan disebabkan oleh aktivitas enzim fenolase yang aktif karena adanya oksigen yang kontak dengan bahan

Enzim : suatu protein yang berperan sebagai katalis biologi (biokatalisator) yang akan mengkatalisis setiap reaksi di dalam sel hidup.

Fermentasi : suatu reaksi metabolisme yang meliputi sederet reaksi oksidasi reduksi, yang donor akseptor elektronnya adalah senyawa-senyawa organik, umumnya menghasilkan energi. Dilakukan oleh bakteri, fungi dan yeast tertentu baik fakultatif maupun obligat.

Haugh Unit: merupakan suatu unit yang memberi korelasi antar tinggi putih telur yang kental dengan berat telur.

Hormon : hasil sekresi kelenjar endokrin tanpa pembuluh yang mempunyai aktivitas dan pengaruh katalis yang sangat spesifik dalam mengendalikan fungsi tubuh. Seperti faktor pertumbuhan tanaman.

Ideks putih telur merupakan perbandingan antara tinggi putih telur (albumen) dengan rata-rata lebar albumen terpendek dengan terpanjang.

Indeks kuning telur merupakan perbandingan antara tinggi dengan garis tengah kuning telur.

Metabolisme : semua perubahan dan energi yang terjadi di dalam sel hidup atau karena kegiatannya meliputi 1). mengekstrak energi dari bahan makanan dengan bantuan sinar matahari dan mengubahnya jadi bentuk energi lain. 2). Mengubah senyawa yang terdapat dalam bahan makanan menjadi senyawa yang diperlukan , 3). Mengurai dan membentuk biomol yang diperlukan bagi sel. Metabolisme dibagi menjadi 2 fase yaitu katabolisme atau fase degradatif dan anabolisme atau fase penyusunan.

Katabolisme: penguraian senyawa kompleks menjadi senyawa yang lebih sederhana.

Klimakterik: suatu fase yang kritis dalam kehidupan buah dan selama terjadinya proses ini banyak sekali perubahan yang berlangsung. Merupakan suatu keadaan "*auto stimulation*" dari dalam buah tersebut sehingga buah menjadi matang yang disertai peningkatan proses respirasi.

Oksidasi: reaksi kimia yang dapat berupa pengikatan oksigen, kehilangan hidrogen, atau kehilangan satu elektron atau lebih. Secara biokimiawi oksidasi dapat terjadi secara aerobik maupun anaerobik.

Sinescene: suatu tahap normal yang selalu terjadi dalam siklus kehidupan sayuran dan buah-buahan menjadi layu.

Rigor mortis: keadaan karkas menjadi kaku yang terjadi antara 24-48 jam setelah peyembelihan.

ISBN 978-979-060-163-5
ISBN 978-979-060-165-9

Buku ini telah dinilai oleh Badan Standar Nasional Pendidikan (BSNP) dan telah dinyatakan layak sebagai buku teks pelajaran berdasarkan Peraturan Menteri Pendidikan Nasional Nomor 45 Tahun 2008 tanggal 15 Agustus 2008 tentang Penetapan Buku Teks Pelajaran yang Memenuhi Syarat Kelayakan untuk digunakan dalam Proses Pembelajaran.

HET (Harga Eceran Tertinggi) Rp. 19.426,00