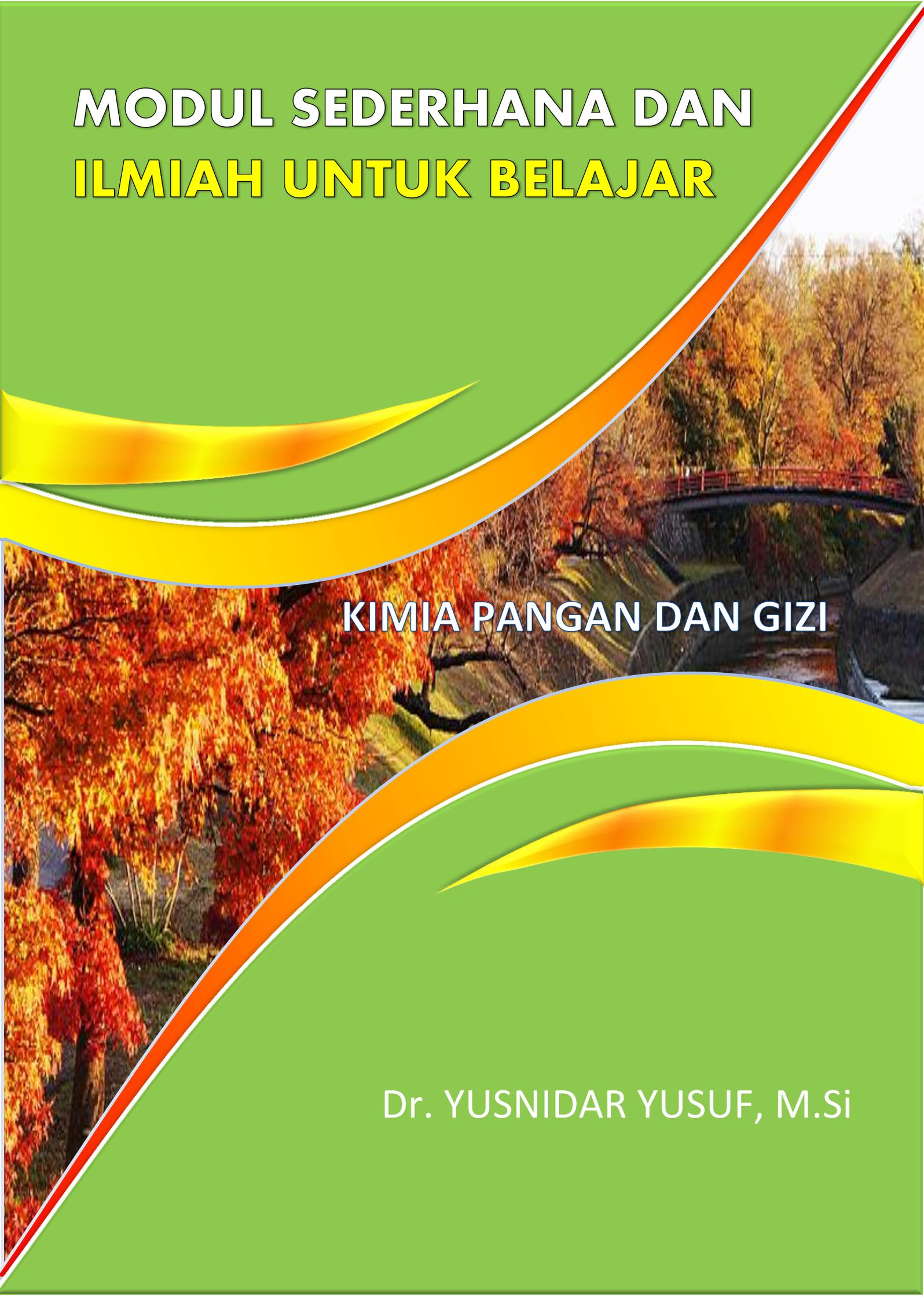


MODUL SEDERHANA DAN ILMIAH UNTUK BELAJAR



KIMIA PANGAN DAN GIZI

Dr. YUSNIDAR YUSUF, M.Si

KATA PENGANTAR

Puji Syukur kami panjatkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan modul Kimia Pangan dan Gizi ini. Modul ini bertujuan untuk digunakan pada mata kuliah Kimia Pangan dan gizi.

Harapannya semoga modul ini dapat menambah wawasan bagi pembaca tentang materi Kimia Pangan dan Gizi. Kami menyadari sepenuhnya bahwa modul ini masih terdapat kekurangan dan jauh dari kata sempurna.

Oleh karena itu, mengharapkan kritik, dan usulan demi perbaikan modul dimasa yang akan mendatang, mengingat tidak ada sesuatu yang sempurna tanpa saran yang membangun.

Jakarta, April 2018

Penulis

TUJUAN

- Mengetahui apa manfaat air bagi kesehatan, bahan makanan dan makanan
- Mengetahui kandungan berbagai zat-zat kimia yang terdapat pada bahan makanan dan makanan
- Mengetahui zat-zat nutrisi serta mineral yang dikandung pada bahan makanan dan makanan
- Mengetahui apa yang dimaksud dengan zat pewarna
- Mengetahui zat-zat berbahaya pada bahan makanan dan makanan
- Mengetahui apa manfaat dari zat pewarna
- Mengetahui apa jenis-jenis dari zat pewarna
- Mengetahui apa saja bahaya dari zat pewarna
- Mengetahui cara pemeriksaan zat pewarna
- Memahami tentang pengertian bahan tambahan makanan
- Memahami penggolongan bahan tambahan makanan
- Memahami sifat,kegunaan dan keamanan bahan tambahan makanan
- Memahami bahaya risiko atau konsumsi bahan tambahan makanan

DAFTAR ISI

Kata Pengantar.....	1
Tujuan.....	2
1. MODUL AIR.....	4
2. MODUL KARBOHIDRAT.....	14
3. MODUL PROTEIN.....	23
4. MODUL LEMAK.....	38
5. MODUL VITAMIN.....	53
6. MODUL MINERAL.....	78
7. MODUL PEWARNA MAKANAN.....	92
8. MODUL BTM.....	107
9. MODUL ANALISIS BTM DALAM MAKANAN.....	115
10. MODUL SENYAWA BERACUN.....	137
11. MODUL CPMB.....	143
12. HACCP.....	152

DAFTAR PUSTAKA

PENDAHULUAN

Air merupakan bahan yang sangat penting bagi kehidupan umat manusia dan fungsinya tidak pernah dapat digantikan oleh senyawa lain. Air juga merupakan komponen penting dalam bahan makanan karena air dapat mempengaruhi penampakan, tekstur, serta cita rasa makanan kita. Bahkan dalam bahan makanan yang kering sekalipun, seperti buah kering, tepung, serta biji-bijian, terkandung air dalam jumlah tertentu.

Semua bahan makanan mengandung air dalam jumlah yang berbeda-beda, baik itu bahan makanan hewani maupun nabati. Air berperan sebagai pembawa zat-zat makanan dan sisa-sisa metabolisme, sebagai media reaksi yang menstabilkan pembentukan biopolimer, dan sebagainya.

Bahan pangan kita baik yang berupa buah, sayuran, daging, maupun susu, telah banyak berjasa dalam memenuhi kebutuhan air manusia. Buah mentah yang menjadi matang selalu bertambah kandungan airnya, misalnya calon buah apel yang hanya mengandung 10% air akan dapat menghasilkan buah apel yang kadar airnya 80%; nanas mempunyai kadar air 87% dan tomat 95%. Buah yang paling banyak kandungan airnya adalah semangka dengan kadar air 97%.

Kandungan air dalam bahan makanan ikut menentukan *acceptability*, kesegaran, dan daya tahan bahan itu. Selain merupakan bagian dari suatu bahan makanan air merupakan pencuci yang baik bagi bahan makanan tersebut atau alat-alat yang akan digunakan dalam pengolahannya. Bila badan manusia hidup dianalisis komposisi kimianya, maka akan diketahui bahwa kandungan airnya rata-rata 65% atau sekitar 47 liter per orang dewasa. Setiap hari sekitar 2,5 liter harus diganti dengan air yang baru. Diperkirakan dari sejumlah air yang harus diganti tersebut 1,5 liter berasal dari air minum dan sekitar 1,0 liter berasal dari bahan makanan yang dikonsumsi.

Air minum dan air minum dalam kemasan

Air bersih adalah air yang digunakan untuk keperluan sehari-hari yang kualitasnya melebihi syarat-syarat kesehatan dan dapat diminum apabila telah dimasak.(Depkes,1990). Air minum adalah air yang melalui proses pengolahan atau tanpa proses pengolahan yang memenuhi syarat kesehatan dan dapat langsung diminum. (Depkes RI 2010).

Air minum harus memenuhi syarat tidak berasa,berwarna, jernih,bebas bahan kimia, radioaktif dan bakteri yang berbahaya. Air minum dalam kemasan adalah air yang telah diproses,tanpa bahan pangan lainnya dan bahan tambahan pangan,dikemas secara aman untuk diminum.Air minum dalam kemasan ada tiga macam yaitu air mineral, air demineral,air mineral alami. Air mineral adalah air minum dalam kemasan yang mengandung mineral dalam jumlah tertentu tanpa menambahkan mineral. Air demineral adalah air minum dalam kemasan yang diperoleh melalui proses pemurnian secara destilasi deioninasi,reverse osmosis (RO). Air mineral alami adalah air minum yang diperoleh langsung dari sumber alami atau di bor dari sumur dalam,dengan proses terkendali yang menghindari pencemaran atau pengaruh luar atas sifat kimia,fisika dan mikrobiologi air mineral (Menperin RI, 2012).

Air yang dapat diminum

Air yang dapat diminum dapat diartikan sebagai air yang bebas dari bakteri yang berbahaya dan ketidakmurnian secara kimiawi.Air minum harus bersih dan jernih,tidak bewarna dan tidak berbau,dan tidak mengandung bahan tersuspensi atau kekeruhan. Lagipula air minum harus tampak menarik dan menyenangkan untuk diminum. Standar air untuk air minum telah ditentukan oleh WHO baik untuk Eropa (WHO 1970) maupun Internasional (WHO 1971),dan Dinas Kesehatan Masyarakat Amerika Serikat untuk angkutan antar negara bagian (US Dept.H.E.W.1962).Mentri Perumahan dan Pemerintah Daerah Inggris (1969) juga telah menentukan secara terperinci cara-cara pengamatan bakteriologis dari persediaan air.

Air untuk pengolahan pangan

Air yang berhubungan dengan hasil-hasil industri pengolahan pangan harus memenuhi setidaknya standar mutu yang diperlukan untuk minum atau air minum. Tetapi masing-masing bagian dari industri pengolahan pangan mungkin perlu mengembangkan syarat-syarat mutu air khusus untuk mencapai hasil-hasil pengolahan yang memuaskan. Dalam banyak hal diperlukan air yang bermutu lebih tinggi dari pada yang diperlukan untuk keperluan air minum, dimana diperlukan penanganan tambahan agar semua mikroorganisme yang ada mati, untuk menghilangkan semua bahan-bahan didalam air yang mungkin dapat mempengaruhi penampilan, rasa dan stabilitas hasil akhir, untuk menyesuaikan pH pada tingkat yang diinginkan, dan agar mutu air sepanjang tahun dapat konsisten, karena mutu air mungkin dapat berubah-ubah.

Penggunaan sisa-sisa industri pangan

Pengambilan kembali dan perubahan limbah bahan pangan menjadi semakin penting dilihat dari segi ekonomi pada industri pangan. Hal ini memungkinkan pemanfaatan maksimal dari bahan mentah dan memperkecil persoalan polusi dan penanganan limbah. Industri-industri pengolahan jeruk dan daging merupakan contoh yang baik dari penanganan limbah yang dilakukan dengan berhasil dan merupakan hal yang berguna. Dengan meningkatnya jumlah penduduk dunia dan adanya kekurangan pangan yang bermutu tinggi dengan harga murah di beberapa bagian dunia, penggunaan kembali zat-zat makanan dari sumber-sumber yang selama ini terbuang dan pemanfaatannya sebagai makanan manusia dan binatang merupakan hal yang penting.

Air menjadi uap

Bila suhu air meningkat, jumlah rata-rata molekul air dalam kerumunan molekul air menurun dan ikatan hidrogen putus dan terbentuk lagi secara cepat. Bila air dipanaskan lebih tinggi lagi sehingga molekul-molekul air bergerak demikian cepat dan tekanan uap air melebihi tekanan atmosfer, beberapa molekul dapat melarikan diri dari permukaan dan menjadi gas hal ini terjadi karena air mendidih pada suhu 100°C pada permukaan laut dengan tekanan barometer 760

mmHg. Dalam keadaan uap, molekul-molekul air kurang lebih menjadi bebas satu sama lainnya.

Air Dalam Bahan Makanan

Sampai sekarang belum diperoleh suatu istilah yang tepat untuk air yang terdapat dalam bahan makanan. Istilah yang umumnya dipakai hingga sekarang ini adalah "air terikat" (bound water). Walaupun sebenarnya istilah ini kurang tepat, karena keterikatan air dalam bahan berbeda-beda, bahkan ada yang tidak terikat. Karena itu, istilah "air terikat" ini dianggap sebagai suatu sistem yang mencakup air yang mempunyai derajat keterikatan berbeda-beda dalam bahan.

Menurut Derajat Keterikatan Air Dibagi Menjadi 4 tipe:

Tipe I, adalah molekul air yang terikat pada molekul-molekul lain melalui suatu ikatan hidrogen yang berenergi besar. Molekul air membentuk hidrat dengan molekul-molekul lain dengan mengandung atom O dan N seperti karbohidrat, protein, atau garam. Air tipe ini tidak dapat membeku pada proses pembekuan, tetapi sebagian air ini dapat dihilangkan dengan cara pengeringan biasa. Air tipe ini terikat kuat dan sering kali disebut air terikat dalam arti sebenarnya.

Tipe II, yaitu molekul-molekul air membentuk ikatan hidrogen dengan molekul air lainnya, terdapat dalam mikro kapiler dan sifatnya agak berbeda dari air murni. Air jenis ini sukar dihilangkan dan penghilangan air, tipe II akan mengakibatkan penurunan water activity. Bila sebagian air tipe II dihilangkan, pertumbuhan mikroba dan reaksi-reaksi kimia yang bersifat merusak bahan makanan seperti reaksi browning, hidrolisis, atau oksidasi lemak akan dikurangi. Jika air tipe II akan dihilangkan seluruhnya, kadar air bahan akan berkisar antara 3-7%, dan kestabilan optimum bahan makanan akan tercapai, kecuali pada produk-produk yang dapat mengalami oksidasi akibat adanya kandungan lemak tidak jenuh.

Tipe III, adalah air yang secara fisik terikat dalam jaringan matriks bahan seperti membran, kapiler, serat, dan lain-lain. Air tipe III inilah yang seringkali disebut dengan air bebas. Air tipe ini mudah diuapkan dan dapat dimanfaatkan

untuk pertumbuhan mikroba dan media bagi reaksi-reaksi kimiawi. Apabila air tipe III ini diuapkan seluruhnya, kandungan air bahan berkisar antara 12-25% dengan water activity kira-kira 0,8 tergantung dari jenis bahan dan suhu.

Tipe IV, adalah air yang tidak erikat dalam jaringan suatu bahan atau air murni, dengan sifat-sifat air biasa dan keaktifan penuh.

Peran Penting Air Bagi Kesehatan

Djoko Pekik Irianto (2006: 11) menyatakan “ Air merupakan komponen terbesar dari struktur tubuh manusia kurang lebih 60 –70 % berat badan orang dewasa berupa air sehingga sangat diperlukan air minum oleh tubuh terutama bagi yang berolahraga atau kegiatan berat yaitu air mineral”. Menurut Mary E. Beck (2000: 46) menyatakan “ air menjadi bagian kurang lebih 60 hingga 70 persen dari berat total tubuh. Menurut Asmadi dkk (2011: 7), tubuh manusia membutuhkan air untuk dikonsumsi sebanyak 2,5 liter atau setara dengan delapan gelas setiap harinya. Sedangkan Menurut Juli Soemirat Slamet (1994: 110), syarat-syarat air minum adalah tidak berwarna, tidak berbau, tidak berasa dan tidak mengandung kuman patogen yang dapat membahayakan kesehatan manusia. Air minum juga tidak mengandung zat kimia yang dapat mengubah fungsi tubuh, tidak dapat diterima secara estetik, dan dapat merugikan secara ekonomis.

Kesimpulan dari beberapa pendapat di atas bahwa air minum adalah air yang mengalami pengolahan atau tanpa pengolahan yang memenuhi kesehatan, sedang tubuh manusia terdiri dari 60-70% air, tergantung dari ukuran badan. Agar berfungsi dengan baik, tubuh manusia membutuhkan antara 1,5 liter sampai 2,5 liter air mineral setiap hari untuk menghindari kekurangan cairan tubuh, jumlah pastinya bergantung pada tingkat aktivitas, suhu, kelembaban, dan beberapa faktor lainnya. Air minum yang dimaksud adalah air mineral yang dikonsumsi sehari-hari. Pemanfaatan air dalam kehidupan harus memenuhi persyaratan meliputi kualitas maupun kuantitas yang erat hubungannya bagi kesehatan baik sebagai air minum maupun keperluan rumah tangga lainnya. Menurut Juli Soemirat Slamet (1994: 110), “syarat-syarat air minum adalah tidak berwarna, tidak berbau, tidak berasa dan tidak mengandung kuman patogen yang

dapat membahayakan kesehatan manusia. Air minum juga tidak mengandung zat kimia yang dapat mengubah fungsi tubuh, tidak dapat diterima secara estetis, dan dapat merugikan secara ekonomis". Manusia membutuhkan air minum yang sehat yaitu air mineral untuk menjaga kesehatan tubuhnya.

Tubuh manusia agar tetap sehat harus seimbang begitu pula air mineral. Menurut Sunita Almatsier (2009: 223), Keseimbangan cairan pada tubuh adalah keseimbangan cairan masuk dan keluar tubuh. Melalui mekanisme keseimbangan tubuh berusaha agar cairan tetap atau konstan setiap waktu. Ketidakseimbangan terjadi pada dehidrasi (kehilangan air secara berlebihan) dan intoksikasi air (kelebihan air). Konsumsi air terdiri atas air yang diminum dan dari makanan. Air yang keluar dari tubuh termasuk yang dikeluarkan dari urin, air dalam feses dan keringat. Menurut Sunita Almatsier (2009: 223) keseimbangan air meliputi pengaturan konsumsi air dan pengaturan pengeluaran air. Menurut Lauralle Sherwood (2011: 607-614), Cairan tubuh dibagi dalam dua kelompok besar yaitu cairan intra seluler dan ekstra seluler. Cairan intra seluler yaitu cairan yang berada di dalam seluruh tubuh. Sedangkan cairan ekstra seluler adalah cairan yang berada diluar sel dan terdiri dari tiga kelompok: 1) cairan intravaskuler (plasma) adalah cairan didalam sistem vaskuler. 2) cairan interstitial adalah cairan yang terletak diantara sel. 3) cairan intraseluler adalah cairan seluler khusus seperti cairan serebrospinal, cairan intrakuler dan sekresi saluran cerna. Kekurangan cairan ekstra seluler (CES)/ hipervolemik/dehidrasi, dapat terjadi karena kehilangan melalui kulit, ginjal gastrointestinal, pendarahan sehingga menimbulkan syok hipovolemik. Mekanismenya adalah peningkatan rangsang saraf simpatis (peningkatan frekuensi jantung, kontraksi jantung dan tekanan vaskuler), rasa haus, pelepasan hormon ADH/aldosteron. Gejala lainnya yaitu mengalami pusing, lemah, letih, mual, muntah, rasa haus, gangguan mental, konstipasi, suhu meningkat, lidah kering dan kasar, mukosa mulut kering, zat pelarut lebih pekat, penurunan berat badan, mata cekung pada anak dan pada bayi penurunan jumlah air mata. Kelebihan/hipovolemik atau overhidrasi yaitu gagal ginjal yang tidak dapat mengekskresikan urin encer. Hipovolemik dapat terjadi secara transien pada orang sehat jika H₂O masuk secara cepat dalam jumlah

banyak sehingga ginjal tidak dapat berespon dengan cepat mengeluarkan. Atau akibat sekresi yang tidak sesuai

Air merupakan komponen yang penting bagi seluruh makhluk hidup. Pada beberapa organisme, 90 persen dari berat tubuhnya berasal dari air. Lebih dari 60 persen dari tubuh manusia dewasa adalah air. Menurut Mitchell, *Journal of Biological Chemistry* 158, otak dan jantung terdiri dari 73 persen air, dan paru-paru sekitar 83 persen air. Kulit mengandung 64 persen air, otot dan ginjal 79 persen, dan bahkan tulangnya mengandung 31 persen air.

Secara umum, seorang pria dewasa membutuhkan sekitar 3 liter air per hari sedangkan seorang perempuan dewasa membutuhkan sekitar 2,2 liter air per hari. Semua air yang dibutuhkan seseorang tidak harus berasal dari minum cairan, karena sebagian air ini terkandung dalam makanan.

Melansir *Medical News Today*, beberapa alasan pentingnya minum air bagi tubuh antara lain,

1. Sebagai pelumas sendi

Tulang rawan, ditemukan di sendi dan cakram tulang belakang, mengandung sekitar 80 persen air. Pergerakan sendi bergantung pada cairan yang mengelilinginya sebagai bantalan dan agar bisa bergerak bebas. Tak minum cukup air dapat menyebabkan persendian terasa kaku dan nyeri.

2. Penghasil air liur dan lendir

Air liur membantu untuk mencerna makanan dan menjaga mulut, hidung, dan mata tetap lembab. Ini mencegah dari gesekan dan kerusakan. Banyak minum air juga menjaga mulut tetap bersih. Selain itu, mengonsumsi selain air yang berasa dapat mengurangi kerusakan gigi.

3. Air menyalurkan oksigen ke seluruh tubuh

Darah terdiri atas lebih dari 90 persen air, dan darah membawa oksigen ke berbagai bagian tubuh. Air yang diminum diserap oleh usus,

dan diedarkan ke seluruh tubuh dalam bentuk cairan tubuh seperti darah. Ini yang membuat orang tetap hidup. Air mengirimkan oksigen dan nutrisi ke sel, dan membuang zat sisa yang tidak berguna untuk tubuh melalui urin.

4. Meningkatkan kesehatan dan kecantikan kulit

Saat terserang dehidrasi, kulit bisa menjadi lebih rentan terhadap gangguan kulit dan kerutan dini. Maka penting untuk menjaga kulit agar tetap sehat dengan banyak minum air putih.

5. Memberikan perlindungan pada otak, sumsum tulang belakang, dan jaringan sensitif lainnya

Dehidrasi dapat mempengaruhi struktur dan fungsi otak. Ini juga terlibat dalam produksi hormon dan neurotransmitter. Dehidrasi yang berkepanjangan dapat menyebabkan masalah pada pemikiran dan penalaran.

6. Mengatur suhu tubuh

Air yang disimpan di lapisan tengah kulit muncul ke permukaan kulit sebagai keringat ketika tubuh memanas. Saat berolahraga, air menguap dan mendinginkan tubuh. Ketika suhu tubuh naik, sirkulasi darah ke kulit meningkat, memungkinkan pembuangan panas melalui keringat, membantu menjaga tubuh pada suhu konstan. Beberapa ilmuwan mengatakan, ketika jumlah air pada tubuh hanya sedikit, suhu tubuh akan meningkat dan biasanya orang akan kesulitan mentolerir panas tubuh.

Air Untuk Kecantikan Kulit

Kulit yang kering ini dapat menyebabkan kerentanan terciptanya kerutan dan juga dapat mempercepat tanda-tanda penuaan pada kulit. Oleh karena hal-hal seperti ini, konsumsi air yang cukup dianjurkan untuk menjaga kesehatan kulit. manfaat air putih untuk kecantikan kulit :

1. Menjaga kadar kelembapan kulit

Air memiliki peran yang penting dalam menjaga kadar kelembapan pada kulit secara optimal karena dapat membantu regenerasi sel-sel kulit.

Air juga melengkapi kebutuhan jaringan kulit dan membantu menjaga elastisitas kulit. Hal tersebut membantu penundaan munculnya tanda-tanda penuaan seperti keriput dan garis-garis halus pada kulit.

Konsumsi air yang cukup pada tubuh juga dapat membantu melengkapi kebutuhan jaringan kulit dan meningkatkan tingkat elastisitas kulit Anda.

Hal tersebut bukan hanya membuat kulit terlihat lebih cantik tapi juga dapat menunda munculnya keriput dan garis-garis halus pada kulit yang merupakan tanda-tanda penuaan.

2. Mencegah penyakit kulit

Dengan mengonsumsi air secara rutin dan dalam kadar yang dianjurkan, dapat membantu kulit anda dalam mencegah beberapa hadirnya gangguan penyakit kulit.

Seperti psoriasis, yang merupakan penyakit peradangan kulit menahun. Penyakit kulit ini biasanya ditandai dengan ruam kemerah-merahan, menebal dan terkelupasnya kulit, terasa keringnya kulit, serta munculnya sisik-sisik.

Tanda lainnya yang biasanya terjadi pada psoriasis juga disertai dengan rasa perih atau gatal pada bagian kulit tertentu.

Ada juga penyakit kulit lainnya seperti eksim. Penyakit ini disebabkan oleh peradangan pada kulit.

Biasanya, eksim membuat kulit gatal, merah dan kering, bahkan pecah-pecah dan kasar. Eksim dapat terjadi pada bagian tubuh mana pun.

3. Menghilangkan jerawat

Salah satu permasalahan ‘klasik’ dalam urusan merawat kecantikan kulit adalah mengatasi jerawat.

Dengan konsumsi air putih yang cukup, Anda bisa mengurangi kemungkinan munculnya jerawat hingga 70%.

Hal ini disebabkan sifat dari air putih yang dapat memperlancar proses detoksifikasi dalam tubuh, sehingga racun-racun yang ada di dalam tubuh dapat keluar dengan lebih cepat dan juga lancar.

MODUL 2

KARBOHIDRAT

PENDAHULUAN

Karbohidrat atau disebut juga hidrat arang merupakan molekul organik yang paling banyak ditemukan di alam dan mempunyai fungsi sangat luas. Karbohidrat berfungsi sebagai sumber energi utama bagi sebagian besar makhluk hidup, merupakan cadangan energi tubuh, dan komponen membrane sel yang berperan sebagai perantara berbagai komunikasi antar sel. Berdasarkan jumlah molekul gula sederhana penyusunnya, karbohidrat dapat digolongkan menjadi empat, yaitu: monosakarida (1 molekul), disakarida (2 molekul), oligosakarida (3-10 molekul), dan polisakarida (> 10 molekul). Gula sederhana penyusun karbohidrat umumnya adalah glukosa, galaktosa dan fruktosa (Lehninger, 1982). Monosakarida adalah bentuk karbohidrat yang paling sederhana, dan hanya memiliki satu molekul gula. Jenis monosakarida yang paling banyak dikenal masyarakat ialah glukosa. Dalam hal keberadaannya di dalam darah, istilah glukosa sering diganti dengan gula. Jadi, kadar glukosa darah, biasa disebut dengan kadar gula darah. Disakarida terbentuk dari dua molekul gula sederhana, yang dihubungkan dengan ikatan kovalen. Disakarida yang sangat dikenal masyarakat ialah sukrosa, atau lazim disebut gula meja/gula pasir. Sukrosa terbentuk dari satu molekul glukosa dan satu molekul fruktosa. Disakarida lain yang penting ialah laktosa, yang merupakan komponen utama dari air susu mamalia. Laktosa terdiri atas satu molekul galaktosa dan satu molekul glukosa. Contoh oligosakarida adalah raffinosa (3 molekul) dan stakhiosa (4 molekul). Polisakarida merupakan golongan karbohidrat yang banyak terdapat pada tanaman dan hewan. Selulosa pada tanaman, merupakan komponen struktur batang dan daun, sedangkan glikogen terdapat pada daging hewan. Pati adalah contoh karbohidrat yang banyak terdapat pada umbi-umbian (ubijalar, ubikayu, kentang, kimpul, suweg, dan lain-lain) serta pada biji-bijian (padi, jagung, gandum, sorgum, dan lain-lain). Tingkat kemanisan masing-masing karbohidrat ternyata tidak sama. Fruktosa merupakan karbohidrat yang paling tinggi tingkat

kemanisannya, sedangkan laktosa yang paling rendah. Tabel 1.1 menunjukkan tingkat kemanisan berbagai karbohidrat. Kelangsungan hidup manusia tidak dapat dipisahkan dari ketersediaan karbohidrat. Karbohidrat merupakan sumber energi utama yang memungkinkan manusia beraktivitas sehari-hari. Kebutuhan energi tubuh manusia sekitar 60-70 persen diperoleh dari karbohidrat, sisanya berasal dari lemak dan protein. Oleh karena itu, makanan pokok seluruh penduduk dunia (seperti beras, jagung, gandum, kentang, sagu, singkong) adalah sumber karbohidrat. Karbohidrat sebagai pangan pokok, umumnya dikonsumsi setelah mengalami pengolahan menjadi nasi, mi, bihun, roti, bubur, aneka kue, dan lain-lain. Struktur karbohidrat yang panjang (karbohidrat kompleks) mengakibatkan ukurannya terlalu besar untuk menembus dinding usus halus dan masuk ke dalam aliran darah. Oleh karena itu, perlu dilakukan pencernaan karbohidrat, dengan tujuan utama yaitu memperkecil ukuran sehingga dapat diserap melewati dinding usus. Selain itu, pencernaan juga digunakan untuk persiapan proses metabolisme. Hasil akhir dari pencernaan karbohidrat adalah glukosa, fruktosa dan galaktosa, ketiganya siap diserap melalui usus halus. Selanjutnya, hasil penyerapan dibawa ke hati oleh darah untuk disimpan atau untuk proses selanjutnya. Kecepatan penyerapan karbohidrat berkaitan dengan peningkatan kadar gula darah. Semakin cepat karbohidrat diserap akan semakin cepat pula kenaikan kadar gula darah. Karbohidrat sederhana lebih cepat diserap sehingga lebih cepat meningkatkan kadar gula darah.

Modul ini akan membahas jenis karbohidrat dan hubungannya dengan kadar gula darah, aktivitas hipoglikemik, penyakit yang berhubungan dengan abnormalitas penyerapan karbohidrat dan cara-cara pengujiannya. Modul ini terdiri atas dua kegiatan belajar. Kegiatan Belajar 1: Aktivitas Hipoglikemik dan Indeks Glikemik Pangan. Bagian ini lebih banyak membahas tentang teori dasar. Kegiatan Belajar 2: Pengujian Aktivitas Glikemik dan Indeks Glikemik Pangan. Bagian ini akan lebih banyak membahas tentang cara-cara pengujiannya. Setelah mempelajari modul ini, secara umum Anda diharapkan mampu menjelaskan tentang evaluasi nilai gizi karbohidrat; secara khusus Anda diharapkan mampu menjelaskan:

1. aktivitas hipoglikemik;
2. indeks glikemik pangan;
3. penyajian aktivitas hipoglikemik dan indeks glikemik

Penyakit degeneratif merupakan salah satu penyakit yang saat ini menjadi perhatian utama masyarakat dunia, termasuk Indonesia. Penyebabnya antara lain adalah: 1) perubahan gaya hidup yang cenderung santai, 2) kurang aktivitas fisik (olah raga), dan 3) perubahan pola konsumsi pangan masyarakat (terutama di perkotaan) yang cenderung mengikuti pola makan ala Barat (Tsujii dan Kuzuya, 2004). Maraknya restoran *fast food* member kontribusi terhadap meningkatnya penyakit degeneratif, karena menu yang disajikan cenderung tinggi lemak dan energi, serta kurang vitamin, mineral dan serat pangan (*dietary fiber*). Selain bumbu-bumbu yang lezat, lemak juga merupakan komponen pangan yang memberi rasa enak sehingga menjadi salah satu penyebab konsumsi pangan berlebih.

Karbohidrat merupakan makromolekul yang penting bagi tingkat kehidupan makhluk hidup. Senyawa karbohidrat menyumbangkan 70 – 80% sumber energi untuk aktivitas manusia. Konsumsi rata-rata karbohidrat dalam makanan sekitar 65% dan energi yang dihasilkan dari metabolisme selular karbohidrat tersebut akan digunakan untuk metabolisme biomolekul lainnya seperti protein, lemak dan asam nukleat. Selain itu, lebih dari 90% komponen penyusun tumbuhan kering adalah karbohidrat. Secara umum, karbohidrat merupakan senyawa polihidroksialdehid atau polihidroksiketon dan derivatnya dalam bentuk unit tunggal yang sederhana maupun unit kompleks. Pada tumbuhan, glukosa disintesis dari karbon dioksida (CO₂) dan air (H₂O) melalui proses fotosintesis dan disimpan dalam bentuk pati atau selulosa. Binatang mensintesis karbohidrat dari lipid gliserol dan asam amino, akan tetapi derivat karbohidrat yang digunakan oleh binatang diambil dari tanaman. Glukosa bisa diabsorpsi langsung dalam aliran darah dan gula bentuk lain akan diubah menjadi glukosa dalam liver sehingga glukosa merupakan jenis karbohidrat yang penting. Sebagai sumber utama energi pada mamalia, glukosa dapat disintesis menjadi

glikogen sebagai cadangan makanan, ribosa dan deoksiribosa pada asam nukleat, galaktosa pada laktosa susu, glikolipid dan kombinasi dengan protein (glikoprotein dan proteoglikan).

Klasifikasi dan Nomenklatur Karbohidrat

1) Monosakarida

Monosakarida adalah jenis karbohidrat yang tidak dapat dihidrolisis menjadi gula yang lebih sederhana. Berdasarkan gugus fungsinya, jenis monosakarida ada dua yaitu aldosa yang memiliki gugus fungsi aldehyd dan ketosa yang memiliki gugus fungsi keton. Berdasarkan jumlah atom karbonnya, monosakarida terdiri dari triosa, tetrosa, pentosa, dan heksosa.

2) Oligosakarida

Oligosakarida adalah hasil kondensasi dari dua sampai sepuluh monosakarida. Oligosakarida dapat berupa disakarida, trisakarida dan tetrasakarida. Disakarida merupakan hasil kondensasi dua unit monosakarida. Contohnya adalah laktosa, maltosa dan sukrosa. Trisakarida merupakan hasil kondensasi tiga unit monosakarida dan tetrasakarida terdiri dari empat unit monosakarida.

3) Polisakarida

Polisakarida merupakan hasil kondensasi dari lebih dari lebih dari dua puluh unit monosakarida. Polisakarida terdiri dari homopolisakarida dan heteropolisakarida. Homopolisakarida adalah polisakarida yang terdiri dari unit monosakarida yang sama sedangkan heteropolisakarida terdiri dari unit monosakarida yang berbeda.

Monosakarida

Monosakarida biasanya tidak berwarna, berupa padatan kristal, larut dalam air dan sulit larut dalam larutan nonpolar. Struktur monosakarida terdiri dari gugus aldehyd atau keton dengan dua atau lebih gugus hidroksil. Monosakarida yang memiliki gugus fungsional aldehyd disebut dengan aldosa sedangkan yang

memiliki gugus keton disebut ketosa. Aldosa paling sederhana adalah gliseraldehid yang terdiri dari tiga atom C sedangkan ketosa yang paling sederhana adalah dihidroksiaseton. Atom C pada monosakarida biasanya berupa C kiral sehingga monosakarida memiliki stereoisomer. Oleh sebab itu, monosakarida memiliki enantiomer dan epimer. Enantiomer adalah stereoisomer yang merupakan bayangan kaca dari suatu molekul. Berdasarkan sifat stereoisomer, molekul monosakarida dibagi menjadi Dextro dan Levo. Dua jenis gula yang memiliki perbedaan pada satu atom karbon spesifik dinamakan dengan epimer. Contoh epimer adalah D-glukosa dan D-manosa yang memiliki perbedaan pada atom karbon nomor 2.

Selain proyeksi Fischer, monosakarida juga dapat digambarkan dengan proyeksi Haworth dalam bentuk piranosa atau furanosa. Aldosa biasanya membentuk struktur molekul piranosa. Piranosa merupakan struktur cincin yang terdiri dari 6 atom yang terbentuk karena ada reaksi gugus fungsi hidroksil alkoholik pada atom C 5 dengan aldehid pada atom C 1. Piranosa merupakan derivat senyawa heterosiklik piran. Dglukosa dapat membentuk D-glukopiranosa dengan dua bentuk isomer yaitu α dan β . Ketoheksosa juga dapat membentuk isomer α dan β serta biasanya membentuk struktur furanosa yang merupakan derivat furan. Cincin furanosa merupakan struktur cincin yang terdiri atas 5 atom dimana terbentuk karena ada reaksi antara gugus fungsi hidroksil alkoholik pada atom C 5 dengan gugus karbonil pada atom C 2.

Oligosakarida

Oligosakarida terbentuk karena adanya ikatan glikosidik antara molekul monosakarida pada atom C 1 molekul satu dengan gugus hidroksil (-OH) pada molekul lainnya. Biasanya ikatan glikosidik terbentuk antara C 1 pada satu molekul dengan C 3 pada molekul lainnya (1 3). Ikatan glikosidik yang umum adalah 1 3, 1 4 dan 1 6. Akan tetapi, ikatan glikosidik 1 1 dan 1 2 juga mungkin terjadi. Ikatan dapat terjadi dalam bentuk molekul α dan β .

Polisakarida

Polisakarida merupakan jenis karbohidrat kompleks yang terdiri atas unit monosakarida yang terikat dengan ikatan glikosidik. Secara nomenklatur, polisakarida dibagi menjadi dua, yaitu homopolisakarida dan heteropolisakarida. Polisakarida yang berfungsi sebagai bahan makanan cadangan yaitu pati dan glikogen, sedangkan pembentuk struktur molekul yaitu kitin dan selulosa.

1) Pati

Pati merupakan senyawa cadangan pada tumbuhan yang terdiri atas unit glukosa. Pati terdiri atas dua komponen homopolisakarida yaitu amilosa dan amilopektin. Susunan komponen tersebut dalam tumbuhan yaitu 10 – 30% amilosa dan 70 – 90% amilopektin. Amilosa memiliki struktur rantai lurus yang terbentuk dari ikatan glikosidik 1-4 antara molekul α -D-glukosa. Amilosa dapat membentuk struktur heliks dimana rata-rata terdapat 8 molekul glukosa setiap putaran heliks. Amilosa memiliki sifat sukar larut dalam medium air tetapi dapat membentuk suspensi miselar. Jika dianalisis dengan menggunakan iodine, amilosa akan membentuk kompleks berwarna biru.

2) Glikogen

Glikogen merupakan jenis polisakarida yang berfungsi sebagai cadangan makanan pada hewan. Komposisi glikogen dalam liver adalah 10% sedangkan dalam otot 1 – 2%. Struktur glikogen sama dengan amilopektin tetapi memiliki 8 – 12 cincin residu pada cabang yang terikat pada 1 \rightarrow 6. Analisis dengan larutan iodine akan memberikan perubahan warna merah-violet.

3) Selulosa

Selulosa merupakan homopolisakarida yang terdiri atas 100 – 1000 unit β -D-glukosa. Proses polimerisasi melalui proses kondensasi dengan ikatan glikosidik 1,4 antarmolekul glukosa. Pada dinding sel tanaman, fibril selulosa membentuk rantai paralel yang saling bersilangan antarlayer. Fibril tersebut juga membentuk matriks dengan hemiselulosa, pektin dan ekstensin. Rantai paralel selulosa pembentuk mikrofibril memiliki ikatan hidrogen antarrantai.

Analisis Kualitatif

Berdasarkan reagen tes yang digunakan, analisis kualitatif karbohidrat dibedakan dalam tiga jenis sesuai dengan tipe reaksi yang terjadi yaitu:

- 1) Asam dehidrasi. Reagen ini akan menyebabkan karbohidrat mengalami dehidrasi dan membentuk furfural (bentuk pentosa) atau 5-hidroksimetilfurfural (bentuk heksosa).
- 2) Reagen kondensasi. Reagen ini mendeteksi adanya furfuran atau 5-hidroksimetilfurfural melalui proses adisi. Jenis reagen yang masuk dalam kategori ini adalah reagen Molisch, Bial, dan Seliwanoff.
- 3) Reagen gula pereduksi. Biasanya reagen ini mengandung ion tembaga(II) dan dapat mereduksi karbohidrat dimana ion tembaga(II) akan direduksi menjadi larutan tembaga(I) oksida. Jenis reagen yang sering digunakan sebagai gula pereduksi adalah reagen Benedict dan Barfoed. Gula pereduksi yaitu semua gula yang termasuk dalam golongan aldosa baik dalam bentuk gugus aldehyd bebas ataupun dalam bentuk siklik hemiasetal.

Analisis kualitatif glukosa pada contoh biokimia seperti urin dapat dilakukan dengan menggunakan tes Tromer, tes Fehling atau Tes Nilander.

1) Reaksi Tromer dan Fehling

Reagen yang digunakan pada tes ini adalah reagen Fehling yang dimodifikasi dengan reagen Tromer dimana garam Segnet akan bereaksi dengan bentuk antara yaitu $\text{Cu}(\text{OH})_2$. Dengan bantuan pemanasan, reagen yang berwarna biru akan membentuk larutan kuning dan akan menjadi merah dengan pemanasan lanjut. Jika tidak ada glukosa dalam urin maka warna reagen tidak berubah.

2) Reaksi Nilander

Reaksi ini sangat sensitif dalam mendeteksi glukosa dalam kadar rendah hingga konsentrasi sekitar 0,5 g/l. Reagen Nilander, yang mengandung garam bismut, direaksikan dengan contoh yang mengandung glukosa dan dilakukan pemanasan dengan menggunakan penangas air. Setelah beberapa menit, larutan

akan semakin gelap dimana glukosa akan mereduksi Bi(OH)_3 sampai terbentuk Bismut bebas dan endapan berwarna hitam terbentuk.

3) Reaksi Fischer

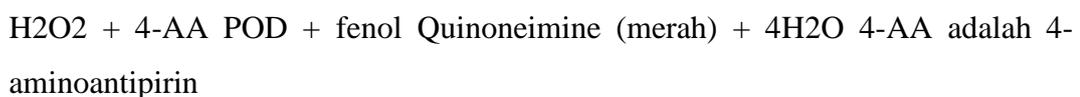
Glukosa, laktosa dan karbohidrat yang memiliki gugus aldehid bebas (aldosa) jika direaksikan dengan fenil hidrazin dan dibantu dengan pemanasan akan membentuk ozazone yang berupa kristal dengan bentuk spesifik. Kristal glukozazon berbentuk *whisk* sedangkan kristal laktozazon berbentuk seperti bulu babi. Selain mengamati bentuk kristal ozazon dengan mikroskop, analisis kualitatif monosakarida juga dilakukan dengan menentukan titik leleh kristal ozazon yang terbentuk. Dimana glukozazon dan fruktozazon meleleh pada 210°C , galaktozazon meleleh pada 180°C dan pentozazon meleleh pada 160°C .

Analisis Kuantitatif

Penentuan kadar gula dalam beberapa sampel biokimia dapat dianalisis dengan menggunakan instrumen spektrofotometri dan kromatografi. Beberapa contoh penentuan gula dijelaskan seperti di bawah ini.

1) Penentuan Kadar Glukosa Secara *Colourmetric*

Prinsip analisis ini berdasarkan pengukuran hasil reaksi oksidasi glukosa melalui proses enzimatik secara *colourmetric*. Dengan adanya oksigen, glukosa dioksidasi oleh glukosa oksidase (GOD) menjadi asam glukonik dan hidrogen peroksida (H_2O_2). Hidrogen peroksida akan bereaksi dengan 4-klorofenol dan 4-aminoantipirin dengan katalis peroksidase (POD) dan membentuk *quinoneimine* yang berwarna merah. Intensitas zat warna yang terbentuk memiliki proporsi yang sama dengan konsentrasi glukosa dan dapat diukur menggunakan spektrofotometer.



Contoh yang biasanya digunakan adalah serum darah bebas hemolisis dan plasma diambil dari heparin atau inhibitor glikolisis. Kondisi pengukuran dilakukan pada panjang gelombang 500 nm dengan menggunakan kuvet dengan ketebalan 1 cm dan reaksi dilakukan pada temperatur 37°C. Reagen yang digunakan pada penentuan ini adalah buffer fosfat (pH 7,4), fenol, 4-aminoantipirin (4-AA), glukosa oksidase (GOD) dan Peroksidase (POD). Sedangkan larutan standar yang digunakan adalah larutan glukosa 5,55 mmol/l (100 mg/dl).

2) Penentuan Kadar Glukosa dengan Reaksi Fehling secara Titrimetri Kadar glukosa dalam contoh urin dapat dianalisis dengan menggunakan prinsip reaksi Fehling. Reagen Fehling yang digunakan adalah CuSO_4 (Fehling I), garam Segnet yang dicampurkan dengan larutan NaOH (Fehling II). CuSO_4 pada reagen Fehling akan mengalami reduksi menjadi Cu_2O , dimana 1 mL reagen fehling setara dengan 0,005 gram glukosa. Prosedur analisis ini yaitu campuran 2,5 mL Fehling I; 2,5 mL Fehling II dan 20 mL air terdistilasi dititrasi menggunakan contoh urin sambil dididihkan di atas pemanas. Warna biru pada larutan akan berubah menjadi hijau dan kemudian menjadi kuning. Ketika warna kuning menghilang, maka titik ekuivalen tercapai. Kadar glukosa dapat ditentukan dengan cara Dimana a adalah volume contoh urin yang digunakan selama proses titrasi dan 5 adalah volume reagen Fehling yang digunakan.

PENDAHULUAN

Protein berasal dari bahasa Yunani “proteios” yang berarti pertama atau utama. Protein merupakan makromolekul yang menyusun lebih dari separuh bagian dari sel. Protein menentukan ukuran dan struktur sel, komponen utama dari sistem komunikasi antar sel serta sebagai katalis berbagai reaksi biokimia didalam sel. Karena itulah sebagian besar aktivitas penelitian biokimia tertuju pada protein khususnya hormon, antibodi, dan enzim (Fatchiyah dkk, 2011).

Protein adalah zat makanan yang mengandung nitrogen yang diyakini sebagai faktor penting untuk fungsi tubuh, sehingga tidak mungkin ada kehidupan tanpa protein (Muchtadi, 2010).

Protein merupakan makromolekul yang terdiri dari rantai asam amino yang dihubungkan oleh ikatan peptida membentuk rantai peptid dengan berbagai panjang dari dua asam amino (dipeptida), 4-10 peptida (oligopeptida), dan lebih dari 10 asam amino (polipeptida) (Gandy dkk, 2014).

Tiap jenis protein mempunyai perbedaan jumlah dan distribusi jenis asam amino penyusunnya. Berdasarkan susunan atomnya, protein mengandung 50-55% atom karbon (C), 20-23% atom oksigen (O), 12-19% atom nitrogen (N), 6-7% atom hidrogen (H), dan 0,2-0,3% atom sulfur (S) (Estiasih, 2016).

2. Metabolisme Protein

a. Protein Dalam Makanan

Protein dalam makanan nabati terlindung oleh dinding sel yang terdiri atas selulosa sehingga daya cerna sumber protein nabati pada umumnya lebih rendah dibandingkan dengan sumber protein hewani. Sebagian besar protein sangat resisten terhadap pencernaan, hanya ikatan superfisial saja yang peka terhadap aktifitas enzim proteolitik. Namun, setelah protein mengalami denaturasi oleh

pajanan panas atau asam, kekuatan yang mempertahankan struktur protein menjadi lemah sehingga protein dapat dicerna. Proses pemasakan dan kondisi asam dalam lambung mempermudah proses pencernaan.

b. Pencernaan Dan Absorpsi Protein

Protein dalam makanan yang berada di rongga mulut belum mengalami proses pencernaan. Di lambung terdapat enzim pepsin dan asam klorida (HCL) yang memecah protein makanan menjadi metabolite intermediate tingkat polipeptida. Asam klorida berfungsi untuk mendenaturasi protein dan mengaktifkan pepsinogen menjadi pepsin pada $\text{pH} < 4$ sedangkan pepsin berfungsi memecah rantai polipeptida menjadi unit yang lebih kecil menjadi polipeptida yang lebih pendek.

Protein makanan yang sudah mengalami pencernaan parsial itu dicerna lebih lanjut oleh enzim yang berasal dari pankreas, yaitu tripsinogen, kimotripsinogen, karboksipeptidase, dan endopeptidase. Tripsinogen dan endopeptidase diaktifkan oleh enterokinase di usus halus. Hal ini terjadi akibat rangsangan kimus terhadap mukosa usus halus. Enzim-enzim pankreas memecah protein dari bentuk polipeptida menjadi peptida lebih pendek, yaitu tripeptida, dipeptida, dan sebagian menjadi asam amino. Mukosa usus halus juga mengeluarkan enzim-enzim protease yang menghidrolisis ikatan peptida.

Protein makanan di dalam usus halus dicerna total menjadi asam-asam amino yang kemudian diserap melalui sel-sel epithelium dinding usus. Absorpsi berlangsung melalui difusi pasif maupun mekanisme transport aktif yang tergantung oleh natrium. Sejumlah protein utuh mungkin ikut terabsorpsi sehingga dapat meningkatkan reaksi alergi, meskipun absorpsi protein utuh ini penting bagi bayi karena memberikan kekebalan tubuh. Asam amino yang diabsorpsi kemudian masuk ke peredaran darah melalui vena porta dan dibawa ke hati. Sebagian asam amino digunakan oleh hati dan sebagian lainnya melalui sirkulasi darah dibawa ke sel-sel jaringan. Selain mengabsorpsi asam amino dari makanan, mukosa usus juga mengabsorpsi cukup banyak asam amino endogen (± 80 g/hari), yang berasal dari sekresi ke dalam usus halus dan sel yang terkelupas dari permukaan mukosa.

Penambahan asam amino endogen menyebabkan komposisi asam-asam amino menjadi lebih seimbang yang meningkatkan penyerapan.

Pada gangguan pencernaan dan penyerapan, protein makanan dapat terbawa ke dalam colon dan dipecah oleh mikroflora usus. Pemecahan protein oleh mikroflora usus menimbulkan proses pembusukan yang menghasilkan gas H₂S, idol, dan skatol yang berbau busuk. Dekarboksilasi asam-asam amino menghasilkan berbagai ikatan amino yang toksik. Kumpulan ikatan-ikatan ini diberi nama ptomaine yang terdiri dari putrescine dan cadaverine. Polipeptida dengan berat molekul rendah yang dapat menembus lapisan epitel usus dan masuk diserap ke dalam cairan tubuh dan aliran darah. Polipeptida dan protein asing yang masuk ke dalam milie interieur yang bersifat antigenik sehingga merangsang alat pertahanan tubuh untuk menggerakkan upaya-upaya perlawanan dengan membuat antibodi.

c. Ekskresi Protein

Pada umumnya orang sehat tidak mengekskresikan protein, melainkan sebagai metabolitnya atau sisa metabolisme. Selain CO₂ dan H₂O sebagai hasil sisa metabolisme protein, terjadi pula berbagai ikatan organik yang mengandung nitrogen seperti urea dan ikatan lain yang tidak mengandung nitrogen. Nitrogen yang dilepaskan pada proses deaminasi masuk ke dalam siklus urea dan diekskresikan melalui ginjal dalam bentuk air seni. Nitrogen yang dilepaskan pada proses transaminase tidak dibuang ke luar tubuh, tetapi digunakan lagi untuk proses sintesis protein tubuh.

d. Sintesis dan Pemecahan Protein

Terjadi pergantian protein secara kontinyu dalam tubuh, pada orang dewasa yang sehat menunjukkan keseimbangan antara sintesis dan pemecahan. Selama masa pertumbuhan, sintesis lebih banyak daripada pemecahan, sedangkan pada kondisi tertentu seperti kelaparan, kanker, dan trauma pemecahan lebih besar daripada sintesis. Sintesis protein diregulasi oleh insulin, sedangkan katabolisme diregulasi oleh glukokortikoid. Pada tingkat selular, transkripsi DNA menjadi RNA pembawa pesan (mRNA) menghasilkan cetakan untuk sintesis protein di

ribosom. Sintesis protein berlangsung lebih cepat setelah makan daripada dalam kondisi puasa karena suplai asam aminonya lebih banyak. Rata-rata jumlah energi yang digunakan untuk sintesis protein adalah 12% dari laju metabolisme basal. Beberapa asam amino digunakan untuk sintesis molekul-molekul lain, seperti arginin, glisin, tirosin, triptofan, histidin, lisin, metionin, glutamin, dan sistein, glutamate serta glisin. Molekul tersebut mengatur fungsi vital dalam tubuh dan merupakan bagian yang cukup besar dalam pertukaran asam amino spesifik setiap hari.

Asam amino digunakan untuk sintesis protein atau glukoneogenesis di dalam hati sehingga menghasilkan glukosa yang disebut dengan glukogenik. Asam ketogenik (termasuk lisin dan leusin) menghasilkan asam asetoasetat dan akhirnya menghasilkan asetil KoA. Beberapa asam amino mungkin bersifat glukogenik sekaligus ketogenik, termasuk triptofan, metionin, sistein, fenilalanin, tirosin, dan isoleusin.

Didalam tubuh tidak ada persediaan besar asam amino. Kelebihan asam amino dalam tubuh menyebabkan terjadinya deaminase. Nitrogen dikeluarkan dari tubuh dan sisa-sisa ikatan karbon akan diubah menjadi lemak dan disimpan dalam tubuh. Deaminase atau melepaskan gugus amino (NH_2) dari asam amino akan menghasilkan sisa berupa amonia dalam sel. Amonia yang bersifat racun akan masuk ke dalam peredaran darah dan dibawa ke hati (probosari, 2019).

1. Sifat-sifat Protein

Sifat fisikokimia setiap protein tidak sama, tergantung pada jumlah dan jenis asam aminonya. Protein memiliki berat molekul yang sangat besar sehingga bila protein dilarutkan dalam air akan membentuk suatu dispersi koloidal. Dapat dihidrolisis oleh asam, basa, atau enzim tertentu dan menghasilkan campuran asam-asam amino (Winarno, 2004).

Sebagian besar protein bila dilarutkan dalam air akan membentuk dispersi koloidal dan tidak dapat berdifusi bila dilewatkan melalui membran semipermeabel. Beberapa protein mudah larut dalam air, tetapi ada pula yang

sukar larut. Namun, semua protein tidak dapat larut dalam pelarut organik seperti eter, kloroform, atau benzena (Yazid, 2006).

Pada umumnya, protein sangat peka terhadap pengaruh-pengaruh fisik dan zat kimia, sehingga mudah mengalami perubahan bentuk. Perubahan atau modifikasi pada struktur molekul protein disebut denaturasi. Protein yang mengalami denaturasi akan menurunkan aktivitas biologi protein dan berkurangnya kelarutan protein, sehingga protein mudah mengendap. Bila dalam suatu larutan ditambahkan garam, daya larut protein akan berkurang, akibatnya protein akan terpisah sebagai endapan. Apabila protein dipanaskan atau ditambahkan alkohol, maka protein akan menggumpal. Hal ini disebabkan alkohol menarik mantel air yang melingkupi molekul-molekul protein; selain itu penggumpalan juga dapat terjadi karena aktivitas enzim-enzim proteolitik (Yazid, 2006).

Molekul protein mempunyai gugus amino ($-NH_2$) dan gugus karboksilat ($-COOH$) pada ujung-ujung rantainya. Hal ini menyebabkan protein mempunyai banyak muatan (polielektrolit) dan bersifat amfoter, yaitu dapat bereaksi dengan asam dan basa. Pada larutan asam atau pH rendah, gugus amino pada protein akan bereaksi dengan ion H^+ , sehingga protein bermuatan positif. Bila pada kondisi ini dilakukan elektroforesis, molekul protein akan bergerak ke arah katoda. Sebaliknya, pada larutan basa atau pH tinggi, gugus karboksilat bereaksi dengan ion OH^- , sehingga protein bermuatan negatif. Bila pada kondisi ini dilakukan elektroforesis, molekul protein akan bergerak ke arah anoda. Adanya muatan pada molekul protein menyebabkan protein bergerak di bawah pengaruh medan listrik (Yazid, 2006).

Setiap jenis protein dalam larutan mempunyai pH tertentu yang disebut titik isoelektrik (TI). Pada pH isoelektrik (pI), molekul protein yang mempunyai muatan positif dan negatif yang sama, sehingga saling menetralkan atau bermuatan nol. Akibatnya protein tidak bergerak di bawah pengaruh medan listrik. Pada titik isoelektrik, protein akan mengalami pengendapan (koagulasi) paling cepat dan prinsip ini digunakan dalam proses-proses pemisahan atau pemurnian suatu protein (Yazid, 2006).

2. Tingkatan Struktur Protein

Menurut Fatchiyah, dkk (2011), protein dapat dikelompokkan menjadi 4 tingkatan struktur, yaitu:

A. Struktur primer

Struktur primer protein menggambarkan sekuens linear residu asam amino dalam suatu protein. Sekuens asam amino selalu dituliskan dari gugus terminal amino ke gugus terminal karboksil.

a. Struktur sekunder

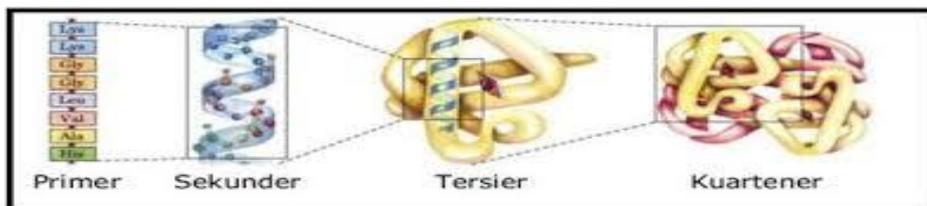
Struktur sekunder dibentuk karena adanya ikatan hidrogen antara hidrogen amida dan oksigen karbonil dari rangka peptida. Struktur sekunder utama meliputi α -heliks dan β -strands (termasuk β -sheets).

b. Struktur tersier

Struktur tersier menggambarkan rantai polipeptida yang mengalami folded sempurna dan kompak. Beberapa polipeptida folded terdiri dari beberapa protein globular yang berbeda yang dihubungkan oleh residu asam amino. Struktur tersier distabilkan oleh interaksi antara gugus R yang terletak tidak bersebelahan pada rantai polipeptida. Pembentukan struktur tersier membuat struktur primer dan sekunder menjadi saling berdekatan.

c. Struktur kuartener

Struktur kuartener melibatkan asosiasi dua atau lebih rantai polipeptida yang membentuk multisubunit atau protein oligomerik. Rantai polipeptida penyusun protein oligomerik dapat sama atau berbeda.



Gambar 1. Tingkatan struktur protein(Gilalogie, 2015)

B. Klasifikasi Protein

Menurut Yazid (2006) protein dapat dibagi menjadi 2 golongan utama berdasarkan struktur molekulnya, yaitu:

- a. Protein globuler, yaitu protein berbentuk bulat atau elips dengan rantai polipeptida yang berlipat. Umumnya, protein globuler larut dalam air, asam, basa, atau etanol. Contoh : albumin, globulin, protamin, semua enzim dan antibodi.
- b. Protein fiber, yaitu protein berbentuk serat atau serabut dengan rantai polipeptida memanjang pada satu sumbu. Hampir semua protein fiber memberikan peran struktural atau pelindung. Protein fiber tidak larut dalam air, asam, basa, maupun etanol. Contoh : keratin pada rambut, kolagen pada tulangrawan, dan fibroin pada sutera.

c. Sumber Protein

Menurut Muchtadi (2010) sumber protein bagi manusia dapat digolongkan menjadi 2 macam, yaitu sumber protein konvensional dan non-konvensional.

a. Protein konvensional

Protein konvensional merupakan protein yang berupa hasil pertanian dan peternakan pangan serta produk-produk hasil olahannya. Berdasarkan sifatnya, sumber protein konvensional ini dibagi lagi menjadi dua golongan yaitu protein nabati dan protein hewani.

1. Protein nabati, yaitu protein yang berasal dari bahan nabati (hasil tanaman), terutama berasal dari biji-bijian (sereal) dan kacang-kacangan. Sayuran dan buah-buahan tidak memberikan kontribusi protein dalam jumlah yang cukup berarti.
2. Protein hewani, yaitu protein yang berasal dari hasil-hasil hewani seperti daging (sapi, kerbau kambing, dan ayam), telur (ayam dan bebek), susu (terutama susu sapi), dan hasil-hasil perikanan (ikan, udang, kerang, dan

lain-lain). Protein hewani disebut sebagai protein yang lengkap dan bermutu tinggi, karena mempunyai kandungan asam-asam amino esensial yang lengkap yang susunannya mendekati apa yang diperlukan oleh tubuh, serta cernanya tinggi sehingga jumlah yang dapat diserap (dapat digunakan oleh tubuh) juga tinggi.

b. Protein non-konvensional

Protein non-konvensional merupakan sumber protein baru, yang dikembangkan untuk menutupi kebutuhan penduduk dunia akan protein. Sumber protein non-konvensional berasal dari mikroba (bakteri, khamir, atau kapang), yang dikenal sebagai protein sel tunggal (single cell protein), tetapi sampai sekarang produknya belum berkembang sebagai bahan pangan untuk dikonsumsi.

C. Pencernaan Protein

Menurut Sugeng (2013), protein hanya dapat diserap oleh tubuh manusia jika sudah diurai dalam bentuk yang sederhana. Penguraian protein dalam sistem pencernaan manusia melibatkan seluruh organ pencernaan manusia melibatkan seluruh organ pencernaan dan kerja dari enzim protease melalui serangkaian proses.

a. Pencernaan protein dalam rongga mulut dan kerongkongan

Proses pencernaan protein melibatkan kerja gigi dan ludah di dalam rongga mulut. Gigi dalam hal ini berfungsi untuk memperkecil ukuran makanan sedangkan ludah (saliva) berfungsi untuk melumasi (lubricating) rongga mulut. Saliva akan membasahi makanan sewaktu dikunyah agar makanan yang kering menjadi massa yang semi-padat sehingga akan lebih mudah ditelan. Tidak terjadi perubahan protein di dalam mulut, karena saliva tidak mengandung enzim protease.

b. Pencernaan protein dalam lambung

Protein yang tertampung di dalam lambung akan bereaksi dengan enzim pepsin yang berasal dari getah lambung. Enzim pepsin hanya akan terbentuk jika asam lambung (HCl) menemukan protein dan melakukan penguraian rangkaiannya. Penguraian rangkaian protein dalam lambung secara biokimia akan menstimulasi pepsin pasif menjadi pepsin aktif. Enzim pepsin memecah ikatan protein menjadi gugus yang lebih sederhana, yaitu pepton dan proteosa. Kedua gugus ini merupakan polipeptida pendek yang masih belum dapat diabsorpsi oleh jonjot usus.

c. Pencernaan protein dalam usus halus

Polipeptida pendek yang dihasilkan dari reaksi enzim pepsin dan protein kemudian akan bercampur dengan enzim protease (erepsin) di dalam usus halus. Protease berasal dari pankreas yang disalurkan ke usus halus melalui dinding membran. Protease mengandung beberapa prekursor antara lain prokarboksipeptida, kimotripsinogen, tripsinogen, proelastase, dan collagenase. Masing-masing prekursor protease ini akan menghidrolisis polipeptida menjadi jenis asam amino yang berbeda-beda. Setelah protein berhasil diurai menjadi asam amino, selanjutnya jonjot usus yang terdapat pada dinding usus penyerapan (ileum) akan menyerap asam amino yang dihasilkan dari proses pencernaan protein untuk dikirimkan melalui alirandarah ke seluruh sel-sel tubuh.

d. Pencernaan protein dalam usus besar dan anus

Asam amino yang dihasilkan dari proses pencernaan protein memiliki jumlah yang berlebih, asam amino tersebut kemudian akan dirombak menjadi senyawa-senyawa seperti amoniak (NH_3) dan amonium (NH_4OH). Pada tahap selanjutnya, semua senyawa ini kemudian dibuang melalui saluran kencing atau bersama dengan feses.

D. Fungsi Protein

Menurut Ngili (2013), protein memiliki fungsi-fungsi biologis sebagai berikut:

a. Katalis enzim

Enzim merupakan protein katalis yang mampu meningkatkan laju reaksi sampai 10¹² kali laju awalnya.

b. Alat transport dan penyimpanan

Banyak ion dan molekul kecil diangkut dalam darah maupun di dalam sel dengan cara berikatan pada protein pengangkut. Contohnya, hemoglobin merupakan protein pengangkut oksigen. Zat besi disimpan dalam berbagai jaringan oleh protein ferritin.

c. Fungsi mekanik

Protein menjalankan perannya sebagai pembentuk struktur. Misalnya, protein kolagen yang menguatkan kulit, gigi, serta tulang. Membran yang mengelilingi sel dan organel juga mengandung protein yang berfungsi sebagai pembentuk struktur sekaligus menjalankan fungsi biokimia lainnya.

d. Pengatur pergerakan

Kontraksi otot terjadi karena adanya interaksi antara dua tipe protein filamen, yaitu aktin dan miosin. Miosin juga memiliki aktivitas enzim yang berfungsi untuk memudahkan perubahan energi kimia ATP menjadi energi mekanik. Pergerakan flagela sperma disebabkan oleh protein.

e. Pelindung Antibodi

Merupakan protein yang terlibat dalam perusakan sel asing yang masuk ke dalam tubuh seperti virus, bakteri, dan sel-sel asing lain.

f. Proses informasi

Rangsangan luar seperti sinyal hormon atau intensitas cahaya dideteksi oleh protein tertentu yang meneruskan sinyal ke dalam sel. Contoh protein rodopsin yang terdapat dalam membran sel retina.

E. Penilaian Kualitas Protein

Menurut Tirtawinata (2006), kualitas protein dalam bahan makanan ditentukan oleh beberapa faktor antara lain:

a. Skor protein

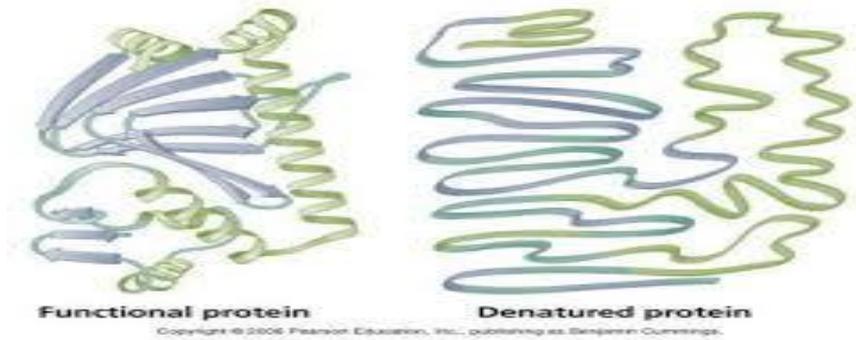
Menentukan jenis dan jumlah asam amino secara kimiawi. Makin lengkap jenisnya dan cukup jumlahnya, makin tinggi kualitas protein tersebut. Untuk menentukan kualitas protein, kandungan asam amino esensial harus dibandingkan dengan kandungan asam amino esensial dari protein acuan.

b. Derajat cerna

Derajat cerna (digestibility) suatu protein adalah suatu presentase protein yang dapat dicerna, diserap dan dimetabolisme oleh tubuh. Contoh : protein nabati mempunyai derajat cerna yang rendah, karena proteinnya terletak dalam sel yang ber dinding selulosa. Enzim pencernaan tidak dapat menghidrolisis selulosa. Protein yang mudah dicerna (dihidrolisis) oleh enzim-enzim pencernaan, serta mengandung asam-asam amino esensial yang lengkap serta dalam jumlah yang seimbang, merupakan protein yang bernilai gizi tinggi. protein hewani mempunyai derajat cerna yang lebih tinggi daripada protein nabati.

F. Denaturasi Protein

Denaturasi protein adalah fenomena transformasi struktur protein yang berlipat menjadi terbuka. Perubahan konformasi protein mempengaruhi sifat protein (Estiasih, 2016).



Gambar 2. Denaturasi Protein(Putri, 2014)

Selama denaturasi, ikatan hidrogen dan ikatan hidrofobik dipecah, sehingga terjadi peningkatan entropi atau peningkatan kerusakan molekulnya. Denaturasi mungkin dapat bersifat bolak-balik (reversibel), seperti pada kimotripsin yang hilang aktivitasnya bila dipanaskan, tetapi aktivitasnya akan pulih kembali bila didinginkan. Namun demikian, umumnya tidak mungkin memulihkan protein kembali ke bentuk aslinya setelah mengalami denaturasi. Kelarutan protein berkurang dan aktivitas biologisnya juga hilang pada saat denaturasi. Aktivitas biologis protein di antaranya adalah sifat hormonal, kemampuan mengikat antigen, serta aktivitas enzimatik. Protein-protein yang terdenaturasi cenderung untuk membentuk agregat dan endapan yang disebut koagulasi. Tingkat kepekaan suatu protein terhadap pereaksi denaturasi tidak sama, sehingga sifat tersebut dapat digunakan untuk memisahkan protein yang tidak diinginkan dari suatu campuran dengan cara koagulasi (Bintang, 2010).

Denaturasi disebabkan oleh beberapa faktor antara lain:

- a. Penyebab Fisik
 1. Panas

Ketika larutan protein dipanaskan secara bertahap diatas suhu kritis, protein mengalami transisi dari keadaan asli ke terdenaturasi. Mekanisme suhu menginduksi denaturasi protein cukup kompleks dan menyebabkan destabilisasi interaksinonkovalen didalam protein. Ikatan hidrogen, interaksi elektrostatis, dan gaya van der Waals bersifat eksotermis, sehingga mengalami destabilisasi pada suhu tinggi dan mengalami

stabilisasi pada suhu rendah. Sebaliknya, interaksi hidrofobik bersifat endotermis, sehingga mengalami destabilisasi pada suhu rendah dan mengalami stabilisasi pada suhu tinggi. Ikatan hidrogen antar ikatan peptida kebanyakan terkubur dibagian dalam struktur protein, sehingga tetap stabil pada berbagai kisaran suhu. Akan tetapi, stabilitas interaksi hidrofobik tidak dapat meningkat secara tajam dengan meningkatnya suhu. Hal tersebut disebabkan setelah melewati suhu tertentu, struktur air secara bertahap pecah dan menyebabkan denaturasi interaksi hidrofobik.

2. Tekanan

Denaturasi akibat tekanan terjadi pada suhu 25°C jika tekanan yang diberikan cukup tinggi. Kebanyakan protein mengalami denaturasi pada tekanan 1-12 kbar. Tekanan dapat menyebabkan denaturasi protein karena protein bersifat fleksibel dan dapat dikompresi. Walaupun residu asam amino tersusun rapat dibagian dalam protein globular, biasanya masih terdapat rongga didalam protein. Akibatnya, protein bersifat dapat dikompresi dan terjadi penurunan volume protein. Penurunan volume tersebut disebabkan rongga yang hilang dalam struktur protein dan hidrasi protein. Denaturasi akibat tekanan bersifat reversibel.

3. Pengadukan

Pengadukan mekanik kecepatan tinggi seperti pengocokan, pengulenan, dan pembuihan menyebabkan protein terdenaturasi. Banyak protein yang terdenaturasi dan mengalami presipitasi ketidak aduk intensif. Denaturasi terjadi akibat inkorporasi udara dan adsorpsi molekul protein ke dalam antarmuka udara-cairan. Energi untuk antarmuka udara-cairan lebih besar dibandingkan fase curah sehingga protein mengalami perubahan konformasi dipengaruhi oleh fleksibilitas protein. Protein dengan fleksibilitas tinggi lebih cepat berada pada antarmuka udara-cairan, sehingga terdenaturasi lebih cepat dibandingkan protein yang kaku (rigid). Ketika pengadukan tinggi dilakukan menggunakan pengaduk berputar maka akan terbentuk kavitas. Keadaan ini menyebabkan protein mudah

terdenaturasi. Pengadukan yang lebih cepat menyebabkan tingkat denaturasi yang lebih tinggi.

a. Penyebab Kimiawi

1. pH

Protein bersifat lebih stabil pada pH titik isoelektrik dibandingkan pH lain. Pada pH netral, kebanyakan protein bermuatan negatif dan hanya sedikit yang bermuatan positif. Rendahnya gaya tolak elektrostatis dibandingkan interaksi yang lain, menjadikan kebanyakan protein bersifat stabil pada pH mendekati netral. Pada pH ekstrem, gaya tolak elektrostatis dalam molekul protein yang disebabkan muatan tinggi mengakibatkan struktur protein membengkak dan terbuka. Derajat terbukanya struktur protein lebih besar pada pH alkali dibandingkan pada pH asam. Pada kondisi alkali terjadi ionisasi gugus karboksil, fenolik, dan sulfhidril dibagian dalam protein sehingga struktur protein terbuka dengan tujuan mengekspos gugus tersebut pada fase air. Denaturasi protein akibat pH kebanyakan bersifat reversibel. Akan tetapi, pada sejumlah kasus hidrolisis ikatan peptida secara parsial, deamidasi residu asparagin dan glutamin, dan kerusakan gugus sulfhidril pada pH alkali dapat menyebabkan denaturasi protein yang bersifat irreversibel.

2. Pelarut Organik

Pelarut organik mempengaruhi stabilitas interaksi hidrofobik protein, ikatan hidrogen, dan interaksi elektrostatis. Rantai samping residu asam amino nonpolar lebih larut pada pelarut organik dibandingkan air. Hal tersebut mengakibatkan interaksi hidrofobik menjadi melemah. Sebaliknya, stabilitas dan pembentukan ikatan hidrogen antar ikatan peptida meningkat lingkungan dengan permisivitas rendah maka sejumlah pelarut organik dapat meningkatkan atau memperkuat pembentukan ikatan hidrogen antar ikatan peptida. Pada konsentrasi rendah, sejumlah pelarut organik dapat menstabilkan beberapa enzim terhadap denaturasi. Pada konsentrasi tinggi,

pelarut organik menyebabkan protein terdenaturasi karena efek pelarutan rantai samping nonpolar.

3. Senyawa Organik

Sejumlah senyawa organik seperti urea dan guanidin hidroksida menyebabkan denaturasi protein. Urea dan guanidin pada konsentrasi tinggi membentuk ikatan hidrogen dan menyebabkan ikatan hidrogen dalam air menjadi terganggu. Rusaknya ikatan hidrogen antarmolekul air menjadikan air sebagai pelarut yang baik untuk residu nonpolar. Dampaknya adalah struktur protein terbuka dan terjadi pelarutan residu nonpolar dari bagian dalam molekul protein.

4. Deterjen

Deterjen seperti Sodium Dodecyl Sulfate (SDS) merupakan pendenaturasi protein yang kuat. Deterjen terikat kuat pada protein yang terdenaturasi sehingga menyempurnakan denaturasi. Akibatnya, denaturasi protein menjadi bersifat irreversibel.

5. Garam

Garam mempengaruhi stabilitas struktural protein. Hal ini berkaitan dengan kemampuan garam untuk mengikat air secara kuat dan mengubah sifat hidrasi protein. Pada konsentrasi rendah, garam menstabilkan struktur karena meningkatkan hidrasi protein dan terikat lemah pada protein. Sebaliknya, garam juga dapat menyebabkan ketidakstabilan struktur protein karena menurunkan hidrasi protein dan berikatan kuat dengan protein. Pengaruh garam untuk stabilisasi atau destabilisasi struktur protein berkaitan dengan konsentrasi dan pengaruhnya terhadap ikatan air-air. Peningkatan stabilitas protein pada kadar garam rendah disebabkan peningkatan ikatan hidrogen antar molekul air. Sebaliknya, pada konsentrasi tinggi, garam mendenaturasi protein karena merusak struktur air sehingga air menjadi pelarut yang baik untuk residu nonpolar protein (Estiasih, 2016).

PENDAHULUAN

Sukar untuk mendefinisikan golongan senyawa yang disebut lipid. Definisi ini terutama didasarkan pada apakah senyawa larut dalam pelarut organik seperti eter, benzene atau kloroform dan tidak larut dalam air. Disamping itu definisi biasanya menekankan ciri utama asam lemak, artinya apakah lipid turunan actual atau potensial dari asam lemak. Setiap definisi yang diusulkan, sebegitu jauh, mempunyai beberapa batasan. Misalnya monogliserida asam lemak rantai pendek tidak diragukan lagi merupakan lipid, tetapi tidak cocok dengan definisi yang didasarkan pada kelarutan karena monogliserida ini lebih mudah larut dalam air dari pada dalam pelarut organik.

Kandungan lemak makanan dapat merentang mulai dari sangat rendah sampai sangat tinggi, baik dalam produk tumbuhan maupun produk hewan. Dalam makanan yang tidak dimodifikasi, seperti daging, susu, sereal, dan ikan lipidnya berupa campuran yang terdiri atas banyak senyawa dengan bagian utama trigliserida. Lemak dan minyak yang digunakan untuk membuat makanan yang difabrikasi, seperti margarin dan shortening, berupa campuran trigliserida hamper murni. Lemak kadang-kadang dikelompokkan menjadi lemak tampak dan tak tampak. Di amerika serikat, sekitar 60% dari lemak dan minyak total yang dimakan terdiri atas lemak tak tampak, artinya, lemak yang terdapat dalam produk susu (kecuali mentega), telur, daging, unggas, ikan, buah-buahan, sayur-sayuran dan biji-bijian.

Kandungan lemak beberapa makanan:

Produk	Lemak %	Produk	Lemak%
asparagus	0,25	Mentega	80
Oat (A. sativa)	4,4	Keju	34

Barli (hordeum vulgare)	1,9	Hamburger	30
Beras	1,4	Daging sapi	10-30
Walnut (julgans regia)	58	Daging ayam	7
Kelapa	34	Daging babi	31
Kacang tanah	49	Cod (gadus morrhua)	0,4

Lemak tampak, termasuk lemak babi, mentega, margarin, shortening dan minyak goreng sebanyak 40% dari lemak total yang dimakan. Sejumlah komponen tambahan, seperti hidrokarbon, vitamin larut lemak, dan pigmen tidak termasuk dalam bagan ini.

Lemak dan minyak komposisinya dapat sangat berbeda, bergantung pada asalnya. Susunan asam lemak dan gliseridanya dapat menimbulkan sifat yang berbeda. Minyak dan lemak dapat dikelompokkan secara luas menjadi 4 golongan berikut:

- Lemak depot hewan
- Lemak susu hewan pemamah biak
- Minyak bahari
- Minyak tumbuhan, Minyak tumbuhan kadang- kadang dikelompokkan lagi menjadi lemak kulit buah dan lemak biji

1. Asam lemak

Asam lemak jenuh dan tak jenuh dengan jumlah atom karbon genap berantai lurus merupakan bagian terbesar dari asam lemak dalam lemak alam. Akan tetapi, sekarang diketahui bahwa banyak asam lemak lain mungkin ada dalam jumlah kecil. Beberapa dari asam tersebut meliputi asam berjumlah atom ganjil, asam rantai bercabang, dan asam hidroksi. Asam- asam ini dapat berada baik dalam lemak alam (produk yang

terdapat di alam) maupun dalam lemak prosesan. Selain itu, lemak prosesan dapat mengandung berbagai asam lemak isomer yang biasanya tidak ditemukan dalam lemak alam. Sudah biasa untuk mengelompokkan asam lemak menjadi beberapa golongan yang berbeda misalnya, golongan asam lemak jenuh dan tidak jenuh. Penggolongan khusus ini berguna dalam teknologi makanan karena asam lemak jenuh bertitik leleh jenuh lebih tinggi dari pada asam lemak tidak jenuh, sehingga asam lemak jenuh terhadap asam lemak tidak jenuh mempengaruhi secara bermakna sifat fisika lemak atau minyak.

Beberapa asam lemak jenuh yang lebih penting disenaraikan dengan nama sistematik dan nama lazimnya pada table dibawah ini:

Nama umum	Struktur kimia	Cd
Asam kaprilat	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_6\text{COOH}$	8:0
Asam kaprat	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_8\text{COOH}$	10:0
Asam laurat	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{10}\text{COOH}$	12:0
Asam miristat	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{12}\text{COOH}$	14:0
Asam palmitat	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{14}\text{COOH}$	16:0

Beberapa asam lemak tidak jenuh dibawah ini:

Nama umum	Struktur kimia	Δx	C:D	n-x
Asam palmitoleat	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_5\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$	cis- $\Delta 9$	16:1	n-7
Asam sapienat	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_8\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_4\text{COOH}$	cis- $\Delta 6$	16:1	n-10
Asam oleat	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7$	cis- $\Delta 9$	18:1	n-9

	COOH			
Asam elaidat	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7$ COOH	trans- $\Delta 9$	18:1	n-9
Asam vaksenat	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_5\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_9$ COOH	trans- $\Delta 11$	18:1	n-7
Asam linoleat	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}$ $=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$	cis,cis- $\Delta 9,\Delta 12$	18:2	n-6
Asam linoelaidat	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}$ $=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$	trans,trans- $\Delta 9,\Delta 12$	18:2	n-6

Secara umum, dapat diberikan garis besar susunan asam lemak berikut:

- Lemak depot hewan dataran tinggi terutama terdiri atas asam palmitat, oleat, dan stearat dan kandungan asam lemak jenuh tinggi. Kandungan total asam dengan atom karbon 70%
- Lemak susu hewan pemamah biak berciri asam lemak komponennya jauh lebih beragam. Asam jenuh rantai pendek dengan 4 sampai 10 atom karbon terdapat dalam jumlah yang besar. Asam lemak utama ialah palmitat, oleat, dan stearate.
- Minyak bahari juga mengandung asam lemak yang sangat beragam. Kandungan asam lemak jenuhnya rendah dan kandungan asam lemak tidak jenuh tinggi, terutama asam tidak jenuh rantai panjang yang mengandung 20 atau 22 atom karbon atau lebih.
- Lemak kulit buah mengandung terutama asam palmitat, oleat, dan kadang-kadang asam linoleat
- Lemak biji berciri kandungan asam lemak jenuh yang rendah. Lemak ini mengandung asam palmitat, oleat, linoleat dan linolenat.

a. Asam lemak tak jenuh

Asam lemak tak jenuh memiliki satu atau lebih ikatan rangkap antar atom karbon. (Pasangan atom karbon yang terhubung melalui ikatan rangkap dapat dijenuhkan dengan adisi atom hidrogen, mengubah ikatan rangkap menjadi ikatan tunggal. Oleh karena itu, ikatan rangkap disebut tak jenuh.) Dua atom karbon dalam rantai yang terikat di sebelah ikatan rangkap dapat membentuk konfigurasi *cis* atau *trans*.

Konfigurasi *cis* berarti bahwa dua atom hidrogen yang berdekatan dengan ikatan rangkap berada pada sisi yang sama dari rantai. Kekakuan ikatan rangkap membekukan konformasi dan, dalam kasus isomer *cis*, menyebabkan rantai membengkok dan menghalangi kebebasan konformasi asam lemak. Semakin banyak ikatan rangkap dalam rantai dengan konfigurasi *cis*, semakin kecil fleksibilitasnya. Ketika suatu rantai memiliki banyak ikatan *cis*, ia semakin melengkung dalam konformasi yang dapat dicapai. Misalnya, asam oleat, dengan satu ikatan rangkap, memiliki "patahan" di dalamnya, sementara asam linoleat, dengan dua ikatan rangkap memiliki lekukan yang lebih jelas. Asam α -linolenat, dengan tiga ikatan rangkap, memiliki bentuk kait. Efek dari ini adalah bahwa, dalam lingkungan terbatas, ketika asam lemak adalah bagian dari fosfolipida dalam lipida dua lapis, atau trigliserida dalam droplet lipida, ikatan *cis* membatasi kemampuan asam lemak untuk dimampatkan, dan oleh karena itu dapat mempengaruhi titik lebur membran atau lemak.

Konfigurasi *trans*, sebaliknya, berarti bahwa dua atom hidrogen yang berdekatan berada pada sisi yang berseberangan dari rantai. Alhasil, mereka tidak banyak menyebabkan pembengkokan rantai, dan bentuknya mirip dengan asam lemak jenuh lurus. Dalam hampir semua asam lemak tak jenuh alami, masing-masing ikatan rangkap memiliki n atom karbon di sebelahnya, untuk beberapa n , dan seluruhnya berikatan *cis*. Hampir semua asam lemak dengan konfigurasi *trans* (lemak *trans*) tidak dijumpai di alam dan merupakan hasil pengolahan manusia (misalnya, hidrogenasi). Perbedaan geometri antara berbagai jenis asam lemak tak jenuh, dan juga antara asam lemak jenuh dan

tak jenuh, memainkan peran penting dalam proses biologi, dan dalam konstruksi struktur biologis (misalnya membran sel).

Contoh Asam Lemak Tak Jenuh				
Nama umum	Struktur kimia	Δ^x	C:D	n – x
Asam miristoleat	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_3\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$	<i>cis</i> - Δ^9	14:1	n – 5
Asam palmitoleat	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_5\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$	<i>cis</i> - Δ^9	16:1	n – 7
Asam sapienat	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_8\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_4\text{COOH}$	<i>cis</i> - Δ^6	16:1	n – 1 0
Asam oleat	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$	<i>cis</i> - Δ^9	18:1	n – <u>9</u>
Asam elaidat	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$	<i>trans</i> - Δ^9	18:1	n – <u>9</u>
Asam vaksenat	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_5\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_9\text{COOH}$	<i>trans</i> - Δ^{11}	18:1	n – 7

Asam linoleat	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$	<i>cis,cis-</i> Δ^9,Δ^{12}	18:2	n = 6
Asam linoelaidat	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$	<i>trans,trans-</i> Δ^9,Δ^{12}	18:2	n = 6
Asam α-linolenat	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$	<i>cis,cis,cis-</i> $\Delta^9,\Delta^{12},\Delta^{15}$	18:3	n = 3
Asam arakidonat	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_3\text{COOH}$ ^{NIST}	<i>cis,cis,cis,cis-</i> $\Delta^5,\Delta^8,\Delta^{11},\Delta^{14}$	20:4	n = 6
Asam eikosaentaenoat	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_3\text{COOH}$	<i>cis,cis,cis,cis,cis-</i> $\Delta^5,\Delta^8,\Delta^{11},\Delta^{14},\Delta^{17}$	20:5	n = 3
Asam erukat	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_{11}\text{COOH}$	<i>cis-</i> Δ^{13}	22:1	n = 9
Asam dokosaheksaenoat	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_2\text{COOH}$	<i>cis,cis,cis,cis,cis,cis-</i> $\Delta^4,\Delta^7,\Delta^{10},\Delta^{13},\Delta^{16},\Delta^{19}$	22:6	n = 3

Asam lemak yang dibutuhkan oleh tubuh manusia tetapi tidak dapat dibuat dalam jumlah yang mencukupi dari substrat lain, dan oleh karenanya harus diperoleh dari luar, disebut asam lemak esensial. Terdapat dua kelompok asam lemak esensial: pertama, yang memiliki ikatan rangkap berjarak tiga atom karbon dari ujung metil; dan kedua, yang memiliki ikatan rangkap berjarak enam atom karbon dari ujung metil. Manusia tidak memiliki kemampuan untuk mengintroduksi ikatan rangkap pada asam lemak di luar karbon 9 dan 10, dihitung dari sisi asam karboksilat. Dua asam lemak esensial adalah asam linoleat (*linoleic acid*, LA) dan asam alfa-linolenat (*alpha-linolenic acid*, ALA). Mereka banyak terdapat dalam minyak tumbuhan. Tubuh manusia memiliki keterbatasan kemampuan dalam mengubah ALA menjadi asam lemak omega-3 yang lebih panjang — asam eikosapentaenoat (*eicosapentaenoic acid*, EPA) dan asam dokosaheksaenoat (*docosahexaenoic acid*, DHA), yang dapat pula diperoleh dari ikan.

Lemak depot hewan daratan tinggi, terutama mamalia susunan asam lemaknya nisbi sederhana. Lemak burung agak lebih rumit. Susunan asam lemak dari lemak makanan utama golongan ini disenaraikan . jenis pakan hewan dapat mempengaruhi susunan lemak depot. Misalnya, kandungan asam linolenat yang tinggi dalam lemak kuda pada daftar merupakan akibat dari pecan padang rumput. Ini juga berlaku untuk dept lemak ayam dan kalkun. Lemak depot hewan kandungan asam lemak tak jenuhnya biasanya rendah. Bilangan iodium biasanya dipakai dalam industry makanan sebagai ukuran ketidakjenuhan total dalam lemak.

Penyulingan bertingkat ester metilnya dan kromatografi adsorpsi, magidman dkk 1992 dan herb dkk 1962 mengidentifikasi sekurang kurangnya 60 asam lemak dalam lemak susu sapi. Beberapa komponen asam lemak tambahan telah ditemukan pada penelitian lain baru-baru ini. Sekitar 20 dari asam lemak total. Diantaranya, asam lemak rantai pendek mulai dari butirir sampai kaprat merupakan ciri khas lemak susu hewan pemamahbiak. Susunan asam lemak biasanya dinyatakan dalam persentase bobot, tetapi jika lemak mengandung asam

lemak rantai pendek cara ini mungkin tidak memberi kesan yang baik mengenai perbandingan molekul asam lemak yang ada. Oleh karena itu kebanyakan susunan asam lemak dinyatakan dalam persen mol. Menurut Jansen 1973 asam lemak berikut terdapat dalam asam lemak susu sapi : asam lemak atom karbon genap dan ganjil mulai 2:0 sampai 28:0 asam monoenoat genap dan ganjil mulai 10:1 sampai 26:1 , kecuali 11:1 dan termasuk isomer posisi dan geometri asam lemak tidak jenuh genap mulai 14:2 sampai 26:2 dengan beberapa isomer geometri.

Asam lemak komponen beberapa lemak susu dalam % mol

Asam lemak	Sapi	Kambing	Domba
4;0	9,5	7,5	7,5
6;0	4,1	4,7	5,3
8;0	0,8	4,3	3,5
10;0	3,2	12,8	6,4
Rantai pendek total	17,6	29,3	22,7
12;0	2,9	6,6	4,5
14;0	11,5	11,8	9,9
16;0	26,7	24,1	21,6
18;0	7,6	4,7	10,3
20;0	1,8	0,4	0,8
Tidak jenuh 10-12	1,1	1,4	1,0
16;1	4,3	2,2	2,0
18;1	22,4	16,5	21,6
18;2	3,1	2,8	4,3
Tidak jenuh 20-22	1,0	0,8	1,3

Terkonyugasi asam polienoat genap mulai 18;3 sampai 22;6 termasuk beberapa isomer trans terkonyugasi asam lemak rantai tunggal 9;0 dan 11;0 sampai 25;0 beberapa iso dan beberapa ante iso (asam iso mempunyai cabang metil pada karbon kedua dari ujung dan asam ante iso pada karbon ketiga dari ujung), asam nekacabang mulai 16;0 sampai 28;0 atom karbon ganjil dan genap dengan tiga sampai lima cabang metil ; dan mengakhiri daftar dengan sejumlah asam keto, asam hidroksi dan asam siklik.

Tidak mungkin menentukan semua kandungan asam lemak susu dengan cara kromatografi yang normal, karena banyak asam lemak komponen tambahan tidak terpisahkan atau tertutupi oleh lemak utama yang lain. Kromatografi lemak susu yang menunjukkan susunan asam lemak . karena itu susunan asam lemak yang dilaporkan seperti itu hanya dianggap sebagai perkiraan asam lemak komponen utama .

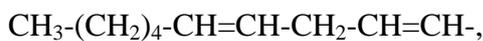


Pada sebagian besar lemak alam ikatan rangkap dua dalam asam lemak tak jenuh terkonjugasi cis. Dalam lemak susu sebagian besar berkonjugasi trans. Ikatan rangkap trans ini terbentuk karena kerja mikroba dalam lambung hewan pemamah biak tempat asam lemak nekatakjenuh pada pecan dihidrogenasi sebagian. Hidrogenasi katalitik minyak dalam industri lemak juga menghasilkan isomer trans. Aras isomer trans dalam lemak susu dilaporkan 2 sampai 4 persen (demand an deman 1983). Karena kandungan total asam lemak tidak jenuh dalam lemak susu sekitar 34 persen, isomer trans dapat mencapai sekitar 10 persen .

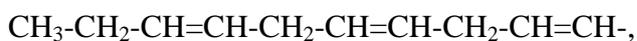
	Cis trans atau	
Cis, Cis	trans, Cis	trans, trans
11, 15	11, 16 dan/atau 11, 15	12, 16

10, 15	10, 16 dan/atau 10, 15	11, 16 dan/atau 11, 15
9, 15	9, 15 dan/atau 9, 16	10, 16 dan/atau 10,15
8, 15, dan/atau 8, 12	8, 16 dan/atau 8, 15	9, 16 dan/atau 9, 15
7, 15 dan/atau 7, 12	Dan/atau 8, 12	dan/atau 9, 13
6, 15 dan/atau 6, 12		

Jenis linoleat dengan dua ikatan rangkap dua berawal dari atom karbon nomor 6 dari ujung meetil (18:2(i)6 atau jenis linoleat),



Jenis linoleat dengan tiga ikatan rangkap dua berawal dari atom karbon no 3 dari ujung metil (18:3(i)3 atau jenis linolenat),



Struktur bagian ujung biasanya tidak berubah meskipun ada ikatan rangkap tambahan dalam molekul atau jika jumlah atom karbon bertambah. Jadi asam linoleat (18:2(i)6) dapat diubah menjadi asam arakidonat (20:4(i)6) sementara itu struktur (i)6 dipertahankan yang memberi ciri khas asam lemak kepada molekul. Kedua jenis terakhir sekarang sering disebut sebagai asam lemak n-3 dan n-6. Ikatan rangkap dua dalam minyak bahari, secara eksklusif, berkonfigurasi cis. Asam lemak komponen beberapa minyak ikan air tawar dan ikan laut yang dilaporkan oleh Ackman (1973) disenaraikan dalam tabel 2.9. Asam lemak jenuh dalam minyak bahari terdiri terutama atas asam miristat dan palmitat dengan asam stearat yang jumlahnya sangat sedikit, Kadar asam lemak polienoat yang tinggi menyebabkan minyak ikan rentan terhadap autooksidasi. Bilangan iodium minyak ikan hering sekitar 125, menunjukkan bagaimana tingginya ketidakjenuhan minyak ini. Perhatian besar pada efek kesehatan dari asam lemak n-3 tertentu berkembang baru-baru ini, terutama asam

eikosapentaenoat (EPA) (20:5(i)3) dan asam dekosaheksaenoat (DHA) (22:6(i)3), asam lemak tersebut dapat

Terbentuk secara perlahan – lahan dari asam linolenat oleh hewan herbivore, tetapi tidak oleh manusia. EPA dan DHA terdapat dalam jumlah besar dalam ikan yang hidup di laut dalam dan dingin, seperti *Gadus morrhua*, *Scomber scombrus* (makerel), tongkol, ikan todak, sarden, dan haring (Ackman 1988A; Simopoulos 1998). Asam arakidonat merupakan prazat dalam system prostanooid dan leukotriene manusia.

Minyak dan lemak tumbuhan dapat dikelompokkan kedalam tiga golongan berdasarkan susunan asam lemaknya. Golongan pertama mencakup minyak yang mengandung terutama asam lemak beratom karbon 16 atau 18 dan termasuk sebagian besar minyak biji; termasuk dalam golongan ini minyak biji kapas, minyak kacang tanah, minyak biji bunga matahari, minyak jagung, minyak wijen, minyak zaitun minyak kelapa sawit, minyak kacang kedele, dan minyak safflower (*Carthamus tinctorius*) Golongan kedua mencakup minyak biji yang mengandung asam erusat (doko-13-enoat). Disini termasuk minyak biji rapa (*Brassica napus*) dan minyak biji mustar (*Brassica hirta*, *Brassica nigra*, *Brassica Juncea*). Golongan ketiga adalah lemak tumbuhan mencakup minyak kelapa dan minyak kelapa sawit, yang sangat jenuh (bilangan iodium sekitar 15), dan lemak coklat, lemak yang diperoleh dari biji coklat, bersifat keras dan rapuh pada suhu kamar (Bilangan iodium 38). Asam Lemak komponen beberapa minyak tumbuhan yang paling umum terdapat pada tabel 2.10. Palmitat merupakan asam lemak jenuh yang paling umum dalam minyak tumbuhan dan asam stearat hanya terdapat dalam jumlah sangat kecil. Minyak yang mengandung asam linolenat, seperti minyak kedele tidak stabil. Minyak seperti itu dapat dihidrogenasi sedikit untuk mengurangi kandungan asam linolenat sebelum dipakai dalam makanan. Asam lemak lain yang menarik perhatian karena kemungkinan efeknya yang menguntungkan pada kesehatan ialah asam lemak esensial n-6 asam gamma-linolenat (18:3n-6), yang terdapat sebanyak 8 sampai 10 persen dalam minyak *Primula sp.* (primrose) (Carter 1988).

Minyak biji Crucifera, termasuk minyak biji *Brassica napus* dan minyak mustar berciri adanya sejumlah besar asam erusat (dokus-13-enoat) dan asam eikos-11-enoat yang jumlahnya lebih sedikit. Minyak biji rapa varietas *Brassica napus* dapat mengandung asam erusat lebih dari 40% (Tabel 2.11), sementara

ASAM LEMAK									
Jml.									
Minyak	14,0	16,0	18,0	20,0	22,0	16:1	18:1	18:2	
18:3									CIS
Biji Kapas	1	29	4	Tr	-	2	24	40	
-	68								
Kacang Tanah	Tr	6	5	2	3	Tr	61	22	
-	88								
Bunga Matahari	-	4	3	-	-	-	34	59	
-	96								
Jagung	-	13	4	Tr	Tr	-	29	54	
-	87								
Wijen	-	10	5	-	-	-	40	45	-
90									
Zaitun	Tr	14	2	Tr	-	2	64	16	
-	82								
Sawit	I	48	4	-	-	-	38	9	
-	51								
Kedele	RTy	11	4	Tr	Tr	-	25	51	

9	89								
Safflower									
	(Carthamus tinctorius)	Tr	8	3	Tr	-	-	13	75
1	92								

Tr = sesepora

Kandungan minyak *Brassica Campestris* biasanya jauh lebih rendah, sekitar 22%. Karena adanya masalah kesehatan yang mungkin timbul sebagai akibat dari pencernaan asam erusat, maka telah diciptakan Brassica Varietas baru dalam beberapa tahun terakhir ini, yaitu apa yang disebut varietas Brassica rendah asam erusat, yang menghasilkan minyak RRAE (LEAR oil). Jika kandungan glukosinolat dalam biji rendah, minyak tersebut dikenal sebagai minyak kanola. Pemulia tumbuhan telah berhasil mengurangi kandungan asam erusat sampai kurang dari satu persen dan sebagai akibatnya minyak kanola mempunyai kandungan asam oleat yang sangat tinggi (tabel 2.11). Pemuliaan varietas ini telah menciptakan minyak yang sama sekali baru. Penghilangan asam erusat dan eikosnoat mengakibatkan peningkatan kandungan asam oleat secara sebanding.

ASAM LEMAK								
								Jml.
Minayak biji	16:0	18:0	18:1	18:2	18:3	20:1	22:1	CIS
Lobak B. Compestris	4	2	33	18	9	12	22	62
Lobak B. napsus	3	1	17	14	9	11	45	41
Kanola (LEAR)	4	2	55	26	10	2	<1	93
Mustar B. juncea	4	-	22	24	14	12	20	60

Sumber : Craig dkk (1973); Vaisey-Genser dan Eskin (1987)

Rendah asam erusat adalah minyak yang mengandung asam linolenat dan oleh karena itu dalam hal ini serupa dengan minyak kedele. Susunan asam lemak

minyak mustar diberikan dalam table 2.11. Susunan nya serupa dengan susunan minyak Brassica compestris.

Berbeda dengan minyak tumbuhan, golongan lemak tumbuhan mengandung asam lemak sangat jenuh, bilangan iodium rendah, dan titik leburnya tinggi. Minyak kelapa dan minyak sawit termasuk kedalam lemak asam laurat. Lemak ini mengandung sejumlah besar asam lemak rantai medium dan rantai pendek, terutama asam laurat (tabel 2.12). Lemak coklat tidak biasa, dalam arti lemak ini hanya mengandung tiga asam lemak utama, palmitat, stearate, dan oleat dalam perbandingan kira-kira sama besar.

Gliserida

Lemak alam dapat didefinisikan sebagai campuran dari trigliserida campur. Trigliserida sederhana sebenarnya tidak ada dalam lemak alam dan penyebaran asam lemak di antara dan di dalam gliserida bersifat selektif tidak acak. Jika terjadi penyulihan asimetrik dalam molekul gliserol, dapat menghasilkan bentuk enantiomorf (Kuksis (1972)). Ini terjadi pada 1-monogliserida, semua 1,2-digliserida dan 1,3-digliserida yang penyulihan berbeda, dan semua trigliserida yang mempunyai gugus asil pada posisi 1 dan 3 berbeda. Penomoran stereospesifik (sn) gliserol untuk gliserida untuk gliserida tiga asam ialah sebagai berikut :



Molekul ditunjukkan dalam proyeksi Fischer dengan gugus hidroksil skunder mengarah ke kiri. Kemudian atom karbon paling atas disebut C-1. Metode analisis modern, terutama

PENDAHULUAN

Vitamin merupakan nutrien organik yang dibutuhkan dalam jumlah kecil untuk berbagai fungsi biokimiawi dan yang umumnya tidak disintesis oleh tubuh sehingga harus dipasok dari makanan. Vitamin yang pertama kali ditemukan adalah vitamin A dan B, dan ternyata masing-masing larut dalam lemak dan larut dalam air. Kemudian ditemukan lagi vitamin-vitamin yang lain yang juga bersifat larut dalam lemak atau larut dalam air. Sifat larut dalam lemak atau larut dalam air dipakai sebagai dasar klasifikasi vitamin. Vitamin yang larut dalam air, seluruhnya diberi symbol anggota B kompleks kecuali (vitamin C) dan vitamin larut dalam lemak yang baru ditemukan diberi symbol menurut abjad (vitamin A, D, E, K). Vitamin yang larut dalam air tidak pernah dalam keadaan toksisitas di didalam tubuh karena kelebihan vitamin ini akan dikeluarkan melalui urin.

1. Vitamin yang larut di dalam lemak

Vitamin yang larut dalam lemak merupakan molekul hidrofobik apolar, yang semuanya adalah derivat isoprene. Molekul-molekul ini tidak disintesis tubuh dalam jumlah yang memadai sehingga harus disuplai dari makanan. Vitamin- vitamin yang larut dalam lemak ini memerlukan absorpsi lemak yang normal agar vitamin tersebut dapat diabsorpsi secara efisien. Diabsorpsi molekul vitamin tersebut harus diangkut dalam darah yaitu oleh lipoprotein atau protein pengikat yang spesifik. Yang merupakan vitamin yang larut di dalam lemak adalah vitamin A, D, E, dan K.

a. Vitamin A

Vitamin A atau retinal merupakan senyawa poliisoprenoid yang mengandung cincin sikloheksenil. Vitamin A merupakan istilah generik untuk semua senyawa dari sumber hewani yang memperlihatkan aktivitas biologik vitamin A. Senyawa-senyawa tersebut adalah retinal, asam retinoat dan retinol. Hanya

retinol yang memiliki aktivitas penuh vitamin A, yang lainnya hanya mempunyai sebagian fungsi vitamin A. Vitamin A mempunyai provitamin yaitu karoten. Pada sayuran vitamin A terdapat sebagai provitamin dalam bentuk pigmen berwarna kuning β karoten, yang terdiri atas dua molekul retinal yang dihubungkan pada ujung aldehyd rantai karbonnya. Tetapi karena β karoten tidak mengalami metabolisme yang efisien, maka β karoten mempunyai efektifitas sebagai sumber vitamin A hanya sepersepuluh retinal.

Ester retinal yang terlarut dalam lemak makanan akan terdispersi di dalam getah empedu dan dihidrolisis di dalam lumen intestinum diikuti oleh penyerapan langsung ke dalam epitel intestinal. β – karoten yang dikonsumsi mungkin dipecah lewat reaksi oksidasi oleh enzim β – karoten dioksigenase. Pemecahan ini menggunakan oksigen molekuler, digalakkan dengan adanya garam-garam empedu dan menghasilkan 2 molekul retinaldehid (retinal).

Demikian pula, di dalam mukosa intestinal, retinal direduksi menjadi retinal oleh enzim spesifik retinaldehid reduktase dengan menggunakan NADPH. Retinal dalam fraksi yang kecil teroksidasi menjadi asam retinoat. Sebagian besar retinal mengalami esterifikasi dengan asam-asam lemak dan menyatu ke dalam kilomikron limfe yang masuk ke dalam aliran darah. Bentuk ini kemudian diubah menjadi fragmen kilomikron yang diambil oleh hati bersama-sama dengan kandungan retinolnya. Di dalam hati, vitamin A disimpan dalam bentuk ester di dalam liposit, yang mungkin sebagai suatu kompleks lipoglikoprotein.

Untuk pengangkutan ke jaringan, vitamin A dihidrolisis dan retinal yang terbentuk terikat dengan protein pengikat aporetinol (RBP). Holo- RBP yang dihasilkan diproses dalam apparatus golgi dan disekresikan ke dalam plasma . Asam retinoat diangkut dalam plasma dalam keadaan terikat dengan albumin. Begitu di dalam sel-sel ekstrahepatik, retinal terikat dengan protein pengikat retinol seluler (CRBP). Toksisitas vitamin A terjadi setelah kapasitas RBP dilampaui dan sel-sel tersebut terpapar pada retinal yang terikat. Retinal dan retinol mengalami interkonversi dengan adanya enzim-enzim dehidrogenase atau reduktase yang memerlukan NAD atau NADP di dalam banyak jaringan.

Namun demikian, begitu terbentuk dari retinal, asam retinoat tidak dapat diubah kembali menjadi retinal atau menjadi retinol.

Asam retinoat dapat mendukung pertumbuhan dan differensiasi, tetapi tidak dapat menggantikan retinal dalam peranannya pada penglihatan atau pun retinol dalam dukungannya pada system reproduksi. Retinol setelah diambil oleh CRBP diangkut ke dalam sel dan terikat dengan protein nucleus, di dalam nucleus inilah retinal terlibat dalam pengendalian ekspresi gen-gen tertentu, sehingga retinal bekerja menyerupai hormon steroid. Retinal merupakan komponen pigmen visual rodopsin, yang mana rodopsin terdapat dalam sel-sel batang retina yang bertanggung jawab atas penglihatan pada saat cahaya kurang terang. 11 - cis - Retinal yaitu isomer all - transretinal, terikat secara spesifik pada protein visual opsin hingga terbentuk rodopsin. Ketika terkena cahaya, rodopsin akan terurai serta membentuk all-trans retinal dan opsin. Reaksi ini disertai dengan perubahan bentuk yang menimbulkan saluran ion kalsium dalam membran sel batang. Aliran masuk ion-ion kalsium yang cepat akan memicu impuls syaraf sehingga memungkinkan cahaya masuk ke otak Asam retinoat turut serta dalam sintesis glikoprotein.

Hal ini dapat dijelaskan bahwa asam retinoat bekerja dalam menggalakkan pertumbuhan dan differensiasi jaringan. Retinoid dan karotenoid memiliki aktivitas antikanker. Banyak penyakit kanker pada manusia timbul dalam jaringan epitel yang tergantung pada retinoid untuk berdifferensiasi seluler yang normal. β -karoten merupakan zat antioksidan dan mungkin mempunyai peranan dalam menangkap radikal bebas peroksi di dalam jaringan dengan tekanan parsial oksigen yang rendah. Kemampuan β -karoten bertindak sebagai antioksidan disebabkan oleh stabilisasi radikal bebas peroksida di dalam struktur alkilnya yang terkonjugasi. Karena β - karoten efektif pada konsentrasi oksigen yang rendah, zat provitamin ini melengkapi sifat-sifat antioksidan yang dimiliki vitamin E yang efektif dengan konsentrasi oksigen yang lebih tinggi. Kekurangan atau defisiensi vitamin A disebabkan oleh malfungsi berbagai mekanisme seluler yang di dalamnya turut berperan senyawasenyawa retinoid.

Defisiensi vitamin A terjadi gangguan kemampuan penglihatan pada senja hari (buta senja). Ini terjadi karena ketika simpanan vitamin A dalam hati hampir habis. Depleksi selanjutnya menimbulkan keratinisasi jaringan epitel mata, paru-paru, traktus gastrointestinal dan genitourinarius, yang ditambah lagi dengan pengurangan sekresi mucus. Kerusakan jaringan mata, yaitu seroftalmia akan menimbulkan kebutaan. Defisiensi vitamin A terjadi terutama dengan dasar diet yang jelek dengan kekurangan konsumsi sayuran, buah yang menjadi sumber provitami A.

b. Vitamin D

Vitamin D merupakan prohormon steroid. Vitamin ini diwakili oleh sekelompok senyawa steroid yang terutama terdapat pada hewan, tetapi juga terdapat dalam tanaman serta ragi. Melalui berbagai proses metabolic, vitamin D dapat menghasilkan suatu hormon yaitu Kalsitriol, yang mempunyai peranan sentral dalam metabolisme kalsium dan fosfat. Vitamin D dihasilkan dari provitamin ergosterol dan 7-dehidrokolesterol. Ergosterol terdapat dalam tanaman dan 7-dehidrokolesterol dalam tubuh hewan. Ergokalsiferol (vitamin D₂) terbentuk dalam tanaman, sedangkan di dalam tubuh hewan akan terbentuk kolekalsiferol (vitamin D₃) pada kulit yang terpapar cahaya. Kedua bentuk vitamin tersebut mempunyai potensi yang sama, yaitu masing-masing dapat menghasilkan kalsitriol D₂ dan D₃.

Vitamin D₃ ataupun D₂ dari makanan diekstraksi dari dalam darah (dalam keadaan terikat dengan globulin spesifik), setelah absorpsi dari misel dalam intestinum. Vitamin tersebut mengalami hidroksilasi pada posisi -25 oleh enzim vitamin D₃ - 25 hidroksikolekalsiferol, yaitu suatu enzim pada retikulum endoplasmic yang dianggap membatasi kecepatan reaksi. 25-hidroksi D₃ merupakan bentuk utama vitamin D dalam sirkulasi darah dan bentuk cadangan yang utama dalam hati. Dalam tubulus ginjal, tulang dan plasenta, 25-hidroksi₃ selanjutnya mengalami hidroksilasi dalam posisi 1 oleh enzim 25-hidroksi D₃ 1- hidroksilase, yakni suatu enzim mitokondria. Hasilnya adalah 1,25-dihidroksi D₃ (kalsitriol), yaitu metabolit vitamin D yang paling paten. Produksi hasil ini diatur oleh konsentrasinya sendiri,

hormon paratiroid dan fosfat dalam serum. Defisiensi atau kekurangan vitamin D menyebabkan penyakit rakhtis terdapat pada anakanak dan osteomalasia pada orang dewasa. Kelainan disebabkan oleh pelunakan tulang yang terjadi akibat kekurangan kalsium dan fosfat. Ikan berlemak, kuning telur dan hati merupakan sumber vitamin D yang baik.

c. Vitamin E (Tokoferol)

Ada beberapa jenis tokoferol dalam bentuk alami. Semuanya merupakan 6-hidroksikromana atau tokol yang tersubsitisi isoprenoid. Penyerapan aktif lemak meningkatkan absorpsi vitamin E. Gangguan penyerapan lemak dapat menimbulkan defisiensi vitamin E. Vitamin E di dalam darah diangkut oleh lipoprotein, pertamamata lewat penyatuan ke dalam kilomikron yang mendistribusikan vitamin ke jaringan yang mengandung lipoprotein lipase serta ke hati dalam fragmen sisa kilomikron, dan kedua, lewat pengeluaran dari dalam hati dalam lipoprotein berdensitas sangat rendah (VLDL).

Vitamin E disimpan dalam jaringan adiposa Vitamin E (tokoferol) bertindak sebagai antioksidan dengan memutuskan berbagai reaksi rantai radikal bebas sebagai akibat kemampuannya untuk memindahkan hydrogen fenolat kepada radikal bebas perksil dari asam lemak tak jenuh ganda yang telah mengalami peroksidasi . Radikal bebas fenoksi yang terbentuk kemudian bereaksi dengan radikal bebas peroksil selanjutnya. Dengan demikian á – tokoferol tidak mudah terikat dalam reaksi oksidasi yang reversible, cincin kromana dan rantai samping akan teroksidasi menjadi produk non radikal bebas.

Defisiensi atau kekurangan vitamin E dapat menimbulkan anemia pada bayi yang baru lahir. Kebutuhan akan vitamin E meningkat bersamaan dengan semakin besarnya masukan lemak tak- jenuh ganda. Asupan minyak mineral, keterpaparan terhadap oksigen (seperti dalam tenda oksigen) atau berbagai penyakit yang menyebabkan tidak efisiennya penyerapan lemak akan menimbulkan defisiensi vitamin E yang menimbulkan gejala neurology. Vitamin E dirusak oleh pemasakan dan pengolahan makanan yang bersifat komersial, termasuk pembekuan. Benih gandum, minyak biji bunga matahari

serta biji softflower, dan minyak jagung serta kedelai, semuanya merupakan sumber vitamin E yang baik.

d. Vitamin K

Vitamin yang tergolong ke dalam kelompok vitamin K adalah naftokuinon tersubsitusi – poliisoprenoid. Menadion (K3), yaitu senyawa induk seri vitamin K, tidak ditemukan dalam bentuk alami tetapi jika diberikan, secara in vivo senyawa ini akan mengalami alkilasi menjadi salah satu menakuinon (K2). Filokuinon (K1) merupakan bentuk utama vitamin K yang ada dalam tanaman. Menakuinon – 7 merupakan salah satu dari rangkaian bentuk tak jenuh polirenoid dari vitamin K yang ditemukan dalam jaringan binatang dan disintesis oleh bakteri dalam intestinum.

Penyerapan vitamin K memerlukan penyerapan lemak yang normal. Malabsorpsi lemak merupakan penyebab paling sering timbulnya defisiensi vitamin K. Derivat vitamin K dalam bentuk alami hanya diserap bila ada garam-garam empedu, seperti lipid lainnya, dan didistribusikan dalam aliran darah lewat system limfatik dalam kilomikron. Menadion, yang larut dalam air, diserap bahkan dalam keadaan tanpa adanya garam-garam empedu, dengan melintas langsung ke dalam vena porta hati. Vitamin K ternyata terlibat dalam pemeliharaan kadar normal factor pembekuan darah II, VII, IX dan X, yang semuanya disintesis di dalam hati mula-mula sebagai precursor inaktif. Vitamin K bekerja sebagai kofaktor enzim karboksilase yang membantu residu α – karboksiglutamat dalam protein precursor. Reaksi karboksilase yang tergantung vitamin K terjadi dalam retikulum endoplasmic.

Banyak jaringan dan memerlukan oksigen molekuler, karbondioksida serta hidrokuinon (tereduksi) vitamin K dan di dalam siklus ini, produk 2,3 epoksida dari reaksi karboksilase diubah oleh enzim 2,3 epoksida reduktase menjadi bentuk kuinon vitamin K dengan menggunakan zat pereduksi ditiol yang masih belum teridentifikasi. Reduksi selanjutnya bentuk kuinon menjadi hidrokuinon oleh NADH melengkapi siklus vitamin K untuk menghasilkan kembali bentuk aktif vitamin tersebut. Defisiensi atau kekurangan vitamin K

dapat menyebabkan terjadinya penyakit hemoragik pada bayi baru lahir. Hal ini disebabkan karena plasenta tidak meneruskan vitamin K secara efisien.

Vitamin K tersebar luas dalam jaringan tanaman dan hewan yang digunakan sebagai bahan makanan dan produksi vitamin K oleh mikroflora intestinal pada hakekatnya menjamin tidak terjadinya defisiensi vitamin K. Defisiensi vitamin K dapat terjadi oleh malabsorpsi lemak yang mungkin menyertai disfungsi pancreas, penyakit biliaris, atrofi mukosa intestinal atau penyebab steatore lainnya. Di samping itu, sterilisasi usus besar oleh antibiotik juga dapat mengakibatkan defisiensi vitamin K.

2. Vitamin yang larut di dalam air

Tidak adanya vitamin atau defisiensi relatif vitamin dalam diet akan menimbulkan berbagai keadaan defisiensi dan penyakit yang khas. Defisiensi vitamin tunggal dari kelompok B kompleks jarang terjadi, karena diet yang jelek paling sering disertai dengan keadaan defisiensi multiple. Diantara vitamin-vitamin yang larut dalam air, dikenali keadaan defisiensi berikut ini :

- 1) Penyakit beri-beri (defisiensi tiamin)
- 2) Keilosis, glositis, seborrhea, dan fotofobia (defisiensi riboflavin)
- 3) Pellagra (defisiensi niasin)
- 4) Neuritis perifer (defisiensi piridoksin)
- 5) Anemia megaloblastik, asiduria metilmalonat dan anemia pernisiiosa (defisiensi kobalamin)
- 6) Anemia megaloblastik (defisiensi asam folat)
- 7) Penyakit skorbut / skurvi (defisiensi asam askorbat)

Defisiensi vitamin dihindari dengan mengkonsumsi berbagai jenis makanan dalam jumlah yang memadai. Vitamin yang larut di dalam air kelompok dari vitamin B kompleks merupakan kofaktor dalam berbagai reaksi enzimatik

yang terdapat di dalam tubuh kita. Vitamin B yang penting bagi nutrisi manusia adalah :

1. Tiamin (vitamin B 1)
2. Riboflavin (vitamin B2)
3. Niasin (asam nikotinat ,nikotinamida, vitamin B3)
4. Asam pantotenat (vitamin B5)
5. Vitamin B6 (piridoksin ,pidoksal, piridoksamin)
6. Biotin
7. Vitamin B12 (kobalamin)
8. Asam folat

Karena kelarutannya dalam air , kelebihan vitamin ini akan diekskresikan ke dalam urin dan dengan demikian jarang tertimbun dalam konsentrasi yang toksik. Penyimpanan vitamin B kompleks bersifat terbatas (kecuali kobalamin) sebagai akibatnya vitamin B kompleks harus dikonsumsi secara teratur

a. Tiamin

Tiamin tersusun dari pirimidin tersubsitisi yang dihubungkan oleh jembatan metilen dengan tiazol tersubsitisi. Bentuk aktif dari tiamin adalah tiamin difosfat, di mana reaksi konversi tiamin menjadi tiamin difosfat tergantung oleh enzim tiamin difosfotransferase dan ATP yang terdapat di dalam otak dan hati. Tiamin difosfat berfungsi sebagai koenzim dalam sejumlah reaksi enzimatik dengan mengalihkan unit aldehid yang telah diaktifkan yaitu pada reaksi :

1. Dekarboksilasi oksidatif asam-asam α - keto (misalnya α - ketoglutarat, piruvat, dan analog α - keto dari leusin isoleusin serta valin).
2. Reaksi transketolase (misalnya dalam lintasan pentosa fosfat).

Semua reaksi ini dihambat pada defisiensi tiamin. Dalam setiap keadaan tiamin difosfat menghasilkan karbon reaktif pada tiazol yang membentuk karbanion, yang kemudian ditambahkan dengan bebas kepada gugus karbonil, misalnya piruvat. Senyawa adisi kemudian mengalami dekarboksilasi dengan membebaskan CO₂. Reaksi ini terjadi dalam suatu kompleks multienzim yang dikenal sebagai kompleks piruvat dehidrogenase. Dekarboksilasi oksidatif α - ketoglutarat menjadi suksinil ko-A dan CO₂ dikatalisis oleh suatu kompleks enzim yang strukturnya sangat serupa dengan struktur kompleks piruvat dehidrogenase.

Defisiensi tiamin

Pada manusia yang mengalami defisiensi tiamin mengakibatkan reaksi yang tergantung pada tiamin difosfat akan dicegah atau sangat dibatasi, sehingga menimbulkan penumpukan substrat untuk reaksi tersebut, misalnya piruvat, gula pento dan derivat α - ketoglutarat dari asam amino rantai bercabang leusin, isoleusin serta valin. Tiamin didapati hampir pada semua tanaman dan jaringan tubuh hewan yang lazim digunakan sebagai makanan, tetapi kandungannya biasanya kecil. Biji-bijian yang tidak digiling sempurna dan daging merupakan sumber tiamin yang baik.

Penyakit beri-beri disebabkan oleh diet kaya karbohidrat rendah tiamin, misalnya beras giling atau makanan yang sangat dimurnikan seperti gula pasir dan tepung terigu berwarna putih yang digunakan sebagai sumber makanan pokok. Gejala dini defisiensi tiamin berupa neuropati perifer, keluhan mudah capai, dan anoreksia yang menimbulkan edema dan degenerasi kardiovaskuler, neurologis serta muskuler. Encefalopati Wernicke merupakan suatu keadaan yang berhubungan dengan defisiensi tiamin yang sering ditemukan diantara para peminum alkohol kronis yang mengkonsumsi hanya sedikit makanan lainnya. Ikan mentah tertentu mengandung suatu enzim (tiaminase) yang labil terhadap panas, enzim ini merusak tiamin tetapi tidak dianggap sebagai masalah yang penting dalam nutrisi manusia.

b. Riboflavin

Riboflavin terdiri atas sebuah cincin isoaloksazin heterosiklik yang terikat dengan gula alcohol, ribitol. Jenis vitamin ini berupa pigmen fluoresen berwarnayang relatif stabilterhadap panas tetapi terurai dengan cahaya yang visible. Bentuk aktif riboflavin adalah flavin mononukleatida (FMN) dan flavin adenin dinukleotida (FAD). FMN dibentuk oleh reaksi fosforilasi riboflavin yang tergantung pada ATP sedangkan FAD disintesis oleh reaksi selanjutnya dengan ATP dimana bagian AMP dalam ATP dialihkan kepada FMN. FMN dan FAD berfungsi sebagai gugus prostetik enzim oksidoreduktase,di mana gugus prostetiknya terikat erat tetapi nonkovalen dengan apoproteinnya. Enzim-enzim ini dikenal sebagai flavoprotein. Banyak enzim flavoprotein mengandung satu atau lebih unsur metal seperti molibneum serta besi sebagai kofaktor esensial dan dikenal sebagai metaloflavoprotein.

Enzim-enzim flavoprotein tersebar luas dan diwakili oleh beberapa enzim oksidoreduktase yang penting dalam metabolisme mamalia, misalnya oksidase asam á amino dalam reaksi deaminasi asam amino, santin oksidase dalam penguraian purin, aldehyd dehidrogenase, gliserol 3 fosfat dehidrogenase mitokondria dalam proses pengangkutan sejumlah ekuivalen pereduksi dari sitosol ke dalam mitokondria,suksinat dehidrogenase dalam siklus asam sitrat, Asil ko A dehidrogenase, serta flavoprotein pengalih electron dalam oksidasi asam lemak dan dihidrolipoil dehidrogenase dalam reaksi dekarboksilasi oksidatif piruvat serta áketoglutarat, NADH dehidrogenase merupakan komponen utama rantai respiratorikdalam mitokondria. Semua system enzim ini akan terganggu pada defisiensi riboflavin. Dalam peranannya sebagai koenzim, flavoprotein mengalami reduksi reversible cincin isoaloksazin hingga menghasilkan bentuk FMNH₂ dan FADH₂.

Defisiensi Riboflavin

Bila ditinjau dari fungsi metaboliknya yang luas, kita heran melihat defisiensi riboflavin tidak menimbulkan keadaan yang bisa membawa kematian. Namun

demikian kalau terjadi defisiensi tiamin, berbagai gejala seperti stomatitis angularis, keilosis, glositis, seborrhea dan fotofobia. Riboflavin disintesis dalam tanaman dan mikroorganisme, namun tidak dibuat dalam tubuh mamalia. Ragi, hati dan ginjal merupakan sumber riboflavin yang baik dan vitamin ini diabsorpsi dalam intestinum lewat rangkaian reaksi fosforilasi – defosforilasi di dalam mukosa.

Berbagai hormon (misalnya hormon tiroid dan ACTH), obat-obatan (misalnya klorpromazin, suatu inhibitor kompetitif) dan faktor-faktor nutrisi mempengaruhi konversi riboflavin menjadi bentuk-bentuk kofaktornya. Karena sensitivitasnya terhadap cahaya, defisiensi riboflavin dapat terjadi pada bayi yang baru lahir dengan hiperbilirubinemia yang mendapat fototerapi.

c. Niasin

Niasin merupakan nama generik untuk asam nikotinat dan nikotinamida yang berfungsi sebagai sumber vitamin tersebut dalam makanan. Asam nikotinat merupakan derivat asam monokarboksilat dari piridin. Bentuk aktif sari niasin adalah Nikotinamida Adenin Dinukleotida (NAD⁺) dan Nikotinamida Adenin Dinukleotida Fosfat (NADP⁺). Nikotinat merupakan bentuk niasin yang diperlukan untuk sintesis NAD⁺ dan NADP⁺ oleh enzim-enzim yang terdapat pada sitosol sebagian besar sel. Karena itu, setiap nikotinamida dalam makanan, mula-mula mengalami deamidasi menjadi nikotinat.

Dalam sitosol nikotinat diubah menjadi desamido NAD⁺ melalui reaksi yang mula-mula dengan 5- fosforibosil –1-pirofosfat (PRPP) dan kemudian melalui adenilasi dengan ATP. Gugus amido pada glutamin akan turut membentuk koenzim NAD⁺. Koenzim ini bisa mengalami fosforilasi lebih lanjut sehingga terbentuk NADP⁺.

Fungsi Niasin

Nukleotida nikotinamida mempunyai peranan yang luas sebagai koenzim pada banyak enzim dehidrogenase yang terdapat di dalam sitosol ataupun mitokondria. Dengan demikian vitamin niasin merupakan komponen kunci

pada banyak lintasan metabolic yang mengenai metabolisme karbohidrat, lipid serta asam amino. NAD⁺ dan NADP⁺ merupakan koenzim pada banyak enzim oksidoreduktase. Enzim-enzim dehidrogenase yang terikat dengan NAD mengkatalisis reaksi oksidoreduksi dalam lintasan oksidatif misalnya siklus asam sitrat, sedangkan enzim-enzim dehidrogenase yang terikat dengan NADP ditemukan dalam lintasan yang berhubungan dengan sintesis reduktif misalnya lintasan pentosa fosfat.

Defisiensi Niasin

Kekurangan niasin menimbulkan sindroma defisiensi pellagra, gejalanya mencakup penurunan BB, berbagai kelainan pencernaan, dermatitis, depresi dan demensia. Niasin ditemukan secara luas dalam sebagian besar makanan hewani dan nabati. Asam amino esensial triptofan dapat diubah menjadi niasin (NAD⁺) dimana setiap 60 mg triptofan dapat dihasilkan 1 mg niasin. Terjadinya defisiensi niasin apabila kandungan makanan kurang mengandung niasin dan triptofan. Tetapi makanan dengan kandungan leusin yang tinggi dapat menimbulkan defisiensi niasin karena kadar leusin yang tinggi dalam diet dapat menghambat kuinolinat fosforibosi transferase yaitu suatu enzim kunci dalam proses konversi triptofan menjadi NAD⁺. Piridoksal fosfat yang merupakan bentuk aktif dari vitamin B6 juga terlibat sebagai kofaktor dalam sintesis NAD⁺ dari triptofan. Sehingga defisiensi vitamin B6 dapat mendorong timbulnya defisiensi niasin.

d. Asam Pantotenat

Asam pantotenat dibentuk melalui penggabungan asam pantoat dengan alanin. Asam pantotenat aktif adalah Koenzim A (Ko A) dan Protein Pembawa Asil (ACP). Asam pantotenat dapat diabsorpsi dengan mudah dalam intestinum dan selanjutnya mengalami fosforilasi oleh ATP hingga terbentuk 4'-fosfopantotenat. Penambahan sistein dan pengeluaran gugus karboksilnya mengakibatkan penambahan netto tiotanolamina sehingga menghasilkan 4'-fosfopantemin, yakni gugus prostetik pada ko A dan ACP. Ko A mengandung nukleotida adenin. Dengan demikian 4'-fosfopantemin akan mengalami

adenilasi oleh ATP hingga terbentuk defosfo koA . Fosforilasi akhir terjadi pada ATP dengan menambahkan gugus fosfat pada gugus 3 – hidroksil dalam moitas ribose untuk menghasilkan ko A.

Defisiensi Asam pantoneat

Kekurangan asam pantoneat jarang terjadi karena asam pantoneat terdapat secara luas dalam makanan, khususnya dalam jumlah yang berlimpah dalam jaringan hewan,sereal utuh dan kacang-kacangan. Namun demikian, burning foot syndrom pernah terjadi diantara para tawanan perang akibat defisiensi asam pantoneat dan berhubungan dengan menurunnya kemampuan asetilasi.

e. Vitamin B6

Vitamin B6 terdiri atas derivat piridin yang berhubungan erat yaitu piridoksin, piridoksal serta piridoksamin dan derivat fosfatnya yang bersesuaian. Bentuk aktif dari vitamin B6 adalah piridoksal fosfat, di mana semua bentuk vitamin B6 diabsorpsi dari dalam intestinum , tetapi hidrolisis tertentu senyawa-senyawa ester fosfat terjadi selama proses pencernaan. Piridksal fosfat merupakan bentuk utama yang diangkut dalam plasma . Sebagian besar jaringan mengandung piridoksal kinase yang dapat mengkatalisis reaksi fosforilasi oleh ATP terhadap bentuk vitamin yang belum terfosforilasi menjadi masing- masing derivat ester fosfatnya. Piridoksal fosfat merupakan koenzim pada beberapa enzim dalam metabolisme asam aimno pada proses transaminasi, dekarboksilasi atau aktivitas aldolase. Piridoksal fosfat juga terlibat dalam proses glikogenolisis yaitu pada enzim yang memperantarai proses pemecahan glikogen.

Defisiensi Vitamin B6

Kekurangan vitamin B6 jarang terjadi dan setiap defisiensi yang terjadi merupakan bagian dari defisiensi menyeluruh vitamin B kompleks. Namun defisiensi vitamin B6 dapat terjadi selama masa laktasi, pada alkoholik dan juga selama terapi isoniazid. Hati, ikan mackel, alpukat, pisang, daging, sayuran dan telur merupakan sumber vitamin B6 yang terbaik.

f. Biotin

Biotin merupakan derivat imidazol yang tersebar luas dalam berbagai makanan alami. Karena sebagian besar kebutuhan manusia akan biotin dipenuhi oleh sintesis dari bakteri intestinal, defisiensi biotin tidak disebabkan oleh defisiensi ditarik biasa tetapi oleh cacat dalam penggunaan. Biotin merupakan koenzim pada berbagai enzim karboksilase.

Defisiensi Biotin

Gejala defisiensi biotin adalah depresi, halusinasi, nyeri otot dan dermatitis. Putih telur mengandung suatu protein yang labil terhadap panas yakni avidin. Protein ini akan bergabung kuat dengan biotin sehingga mencegah penyerapannya dan menimbulkan defisiensi biotin. Konsumsi telur mentah dapat menyebabkan defisiensi biotin. Tidak adanya enzim holokarboksilase sintase yang melekatkan biotin pada residu lisin apoenzim karboksilat, juga menyebabkan gejala defisiensi biotin, termasuk akumulasi substrat dari enzim-enzim yang tergantung pada biotin (piruvat karboksilase, asetil ko A karboksilase, propionil ko A karboksilase dan β – metilkrotonil ko A). Pada sebagian kasus, anak-anak dengan defisiensi ini juga menderita penyakit defisiensi kekebalan.

g. Vitamin B12

Vitamin B12 (kobalamin) mempunyai struktur cincin yang kompleks (cincin corrin) dan serupa dengan cincin porfirin, yang pada cincin ini ditambahkan ion kobalt di bagian tengahnya. Vitamin B12 disintesis secara eksklusif oleh mikroorganisme. Dengan demikian, vitamin B12 tidak terdapat dalam tanaman kecuali bila tanaman tersebut terkontaminasi vitamin B12 tetapi tersimpan pada binatang di dalam hati tempat vitamin B12 ditemukan dalam bentuk metilkobalamin, adenosilkobalamin, dan hidroksikobalamin. Absorpsi intestinal vitamin B12 terjadi dengan perantaraan tempat-tempat reseptor dalam ileum yang memerlukan pengikatan vitamin B12, suatu glikoprotein yang sangat spesifik yaitu faktor intrinsik yang disekresi sel-sel parietal pada

mukosa lambung.. Setelah diserap vitamin B12 terikat dengan protein plasma, transkobalamin II untuk pengangkutan ke dalam jaringan.

Vitamin B12 disimpan dalam hati terikat dengan transkobalamin I. Koenzim vitamin B12 yang aktif adalah metilkobalamin dan deoksiadenosilkobalamin. Metilkobalamin merupakan koenzim dalam konversi Homosistein menjadi metionin dan juga konversi Metiltetrahydrofolat menjadi tetrahydrofolat. Deoksiadenosilkobalamin adalah koenzim untuk konversi metilmalonil Ko A menjadi suksinil Ko A. Kekurangan atau defisiensi vitamin B12 menyebabkan anemia megaloblastik. Karena defisiensi vitamin B12 akan mengganggu reaksi metionin sintase. Anemia terjadi akibat terganggunya sintesis DNA yang mempengaruhi pembentukan nukleus pada eritrosit yang baru . Keadaan ini disebabkan oleh gangguan sintesis purin dan pirimidin yang terjadi akibat defisiensi tetrahydrofolat. Homosistinuria dan metilmalonat asiduria juga terjadi. Kelainan neurologik yang berhubungan dengan defisiensi vitamin B12 dapat terjadi sekunder akibat defisiensi relatif metionin.

h. Asam Folat

Nama generiknya adalah folasin . Asam folat ini terdiri dari basa pteridin yang terikat dengan satu molekul masing-masing asam P- aminobenzoat acid (PABA) dan asam glutamat. Tetrahydrofolat merupakan bentuk asam folat yang aktif. Makanan yang mengandung asam folat akan dipecah oleh enzim-enzim usus spesifik menjadi monoglutamil folat agar bisa diabsorpsi. Kemudian oleh adanya enzim folat reduktase sebagian besar derivat folat akan direduksi menjadi tetrahydrofolat dalam sel intestinal yang menggunakan NADPH sebagai donor ekuivalen pereduksi. Tetrahydrofolat ini merupakan pembawa unitunit satu karbon yang aktif dalam berbagai reaksi oksidasi yaitu metil, metilen, metenil, formil dan formimino. Semuanya bisa dikonversikan.

Serin merupakan sumber utama unit satu karbon dalam bentuk gugus metilen yang secara reversible beralih kepada tetrahydrofolat hingga terbentuk glisin dan N5, N10 – metilen – H4 folat yang mempunyai peranan sentral dalam metabolisme unit satu karbon. Senyawa di atas dapat direduksi menjadi N5 –

metil – H4 folat yang memiliki peranan penting dalam metilasi homosistein menjadi metionin dengan melibatkan metilkobalamin sebagai kofaktor. Defisiensi atau kekurangan asam folat dapat menyebabkan anemia megaloblastik karena terganggunya sintesis DNA dan pembentukan eritrosit.

i. Asam Askorbat

Bentuk aktif vitamin C adalah asam askorbat itu sendiri dimana fungsinya sebagai donor ekuivalen pereduksi dalam sejumlah reaksi penting tertentu. Asam askorbat dioksidasi menjadi asam dehidroaskorbat, yang dengan sendirinya dapat bertindak sebagai sumber vitamin tersebut. Asam askorbat merupakan zat pereduksi dengan potensial hydrogen sebesar +0,008 V, sehingga membuatnya mampu untuk mereduksi senyawa-senyawa seperti oksigen molekuler, nitrat, dan sitokrom a serta c. Mekanisme kerja asam askorbat dalam banyak aktivitasnya masih belum jelas, tetapi proses di bawah ini membutuhkan asam askorbat :

1. Hidroksilasi prolin dalam sintesis kolagen.
2. Proses penguraian tirosin, oksidasi Hidroksi –fenilpiruvat menjadi homogentisat memerlukan vitamin C yang bisa mempertahankan keadaan tereduksi pada ion tembaga yang diperlukan untuk memberikan aktivitas maksimal.
3. Sintesis epinefrin dari tirosin pada tahap dopamine-hidroksilase.
4. Pembentukan asam empedu pada tahap awal 7 alfa – hidroksilase.
5. Korteks adrenal mengandung sejumlah besar vitamin C yang dengan cepat akan terpakai habis kalau kelenjer tersebut dirangsang oleh hormon adrenokortikotropik.
6. Penyerapan besi digalakkan secara bermakna oleh adanya vitamin C.
7. Asam askorbat dapat bertindak sebagai antioksidan umum yang larut dalam air dan dapat menghambat pembentukan nitrosamin dalam proses pencernaan.

Defisiensi atau kekurangan asam askorbat menyebabkan penyakit skorbut, penyakit ini berhubungan dengan gangguan sintesis kolagen yang diperlihatkan dalam bentuk perdarahan subkutan serta perdarahan lainnya, kelemahan otot, gusi yang bengkak dan menjadi lunak dan tanggalnya gigi, penyakit skorbut dapat disembuhkan dengan memakan buah dan sayur-sayuran yang segar. Cadangan normal vitamin C cukup untuk 34 bulan sebelum tanda-tanda penyakit skorbut.

3. Vitamin dalam bahan makanan

Vitamin merupakan komponen minor tetapi penting bagi bahan pangan. Vitamin dibutuhkan untuk pertumbuhan yang normal, memelihara, dan menjaga fungsi tubuh. Mempertahankan vitamin selama pengolahan dan penyimpanan merupakan hal yang penting. Vitamin dapat rusak karena reaksi kimiawi sehingga berubah menjadi senyawa yang tidak aktif, atau mengalami pelarutan seperti pada kasus vitamin larut air yang hilang pada proses blansing atau pemasakan. Defisiensi vitamin menyebabkan hipovitaminosis, sebaliknya kelebihan vitamin menyebabkan hipervitaminosis. Vitamin dalam pangan masih dalam bentuk provitamin atau calon vitamin (*precursor*), kemudian dalam tubuh diubah menjadi bentuk vitamin yang aktif.

Vitamin ada 2 golongan yaitu :

1. Gol yang larut lemak (Vit A, D, E dan K), banyak terdapat dalam daging, ikan, minyak ikan, kacang tanah, kacang kedelai dsb. Bila sudah diserap dalam tubuh, maka disimpan dalam hati atau jaringan – jaringan lemak. Vit ini tidak dapat diekskresi dari tubuh. Untuk perpindahannya diperlukan protein untuk mengangkut.

A. VITAMIN A

Terdapat dalam beberapa bentuk yaitu :

- Vit A alkohol (retinol)
- Vit A aldehid (retinal)

- Vit A asam (asam retinoat)
- Vit A ester (ester retinil)

Sumber vit A sebagian besar dari : karoten yang terdapat dalam bahan nabati (α , β , γ dan π kroten). Sayuran yang berwarna hijau dan kuning banyak mengandung karoten. Vit A pada umumnya stabil terhadap panas, asam dan alkali, tetapi mudah teroksidasi oleh udara dan rusak oleh suhu tinggi. Kelebihan vit A dalam tubuh disimpan di dalam hati dalam bentuk butir – butir lemak yang berisi campuran rantai - rantai ester retinil (retinil palmitat, retinil stearat dan retinil oleat), sebelum dilepaskan ester – ester tersebut dihidrolisis menjadi retinol. Dalam darah retinol terikat pada protein spesifik yang disebut “*Retinol Binding Protein*” (RBP) untuk diangkut ke jaringan – jaringan tepi seperti mata, usus dan kelenjar ludah. Kelebihan vit A (bila konsumsi 75.000 – 500.000 SI)/hari dalam waktu panjang akan terjadi “ *hipervitaminosis*”. Peranan retinol untuk penglihatan normal sangat penting karena daya penglihatan mata sangat tergantung adanya “ rodopsin” yaitu suatu pigmen yang mengandung retinol.

Bila kekurangan vitamin A, sel epitel akan mengeluarkan keratin (protein yang tidak larut dalam air) dan bukan “mukus” , sehingga sel –sel membran akan kering dan mengeras yang disebut “ keratinisasi” dan menyebabkan “ *xerofthalmia*”. Xerofthalmia bila tidak diobati akan menjadi buta. Mukus adalah cairan lemak kental yang dikeluarkan oleh sel epitel mukosa untuk membantu mencegah terjadinya infeksi. Gejala kekurangan vit A pada mata diawali dengan rabun senja (*nyctalopia*) atau buta ayam (*kotokeun*) yaitu penderita tidak mampu melihat secara normal dalam ruang yang remang – remang/ setengah gelap. Rabun senja bila terjadi pada anak – anak dapat disembuhkan dengan pengobatan vit A.

Tanda – tanda kekurangan vit A :

Xerosis : gejala kekeringan pada konjungtiva (selaput kelopak mata), berkerut, timbul pigmen/kotor sehingga kehilangan/menurun sifat transparannya.

Noda Bitot : suatu noda yang timbul sebagai bercak berwarna perak kelabu pada kornea, biasanya pada permukaan yang berbuih.

Keratomalasia yaitu pelunakan kornea.

Kekurangan vit A dapat berpengaruh juga terhadap pertumbuhan.

Sumber vit A :

Hewani : susu, keju, kuning telur, hati dan ikan.

Sayuran dan buah yang berwarna kuning, hijau dan merah.

B. VITAMIN D

Ada beberapa jenis vit D tetapi yang dianggap penting adalah :

- Vit D₂ (*ergokalsiferol*), banyak terdapat dalam bahan nabati.
- Vit D₃ (*7-dehidrokolesterol kolikolaferol*), banyak terdapat dalam minyak hati ikan.

Kekurangan vit D :

Peran vit D sangat penting bagi metabolisme kalsium dan fosfor. Adanya vit D, absorpsi kalsium oleh alat pencernaan akan diperbaiki, kalsium dan fosfor dari tulang dimobilisasi, pengeluaran dan keseimbangan mineral dalam darah ikut dikendalikan.

Bila kekurangan vit D mengakibatkan gangguan penyerapan kalsium dan fosfor pada saluran pencernaan dan gangguan mineralisasi struktur tulang dan gigi.

Tiga jenis keadaan dapat dialami penderita kekurangan vit D yaitu :

- a) *Ricketsia* : dialami oleh anak – anak ditandai dengan bengkoknya kaki (bentuk O), dapat disembuhkan dengan pemberian vit D dalam jumlah besar atas nasehat dokter.
- b) *Tetani* : suatu gejala ditandai bengkoknya pergelangan tangan dan sendi akibat rendahnya kalsium dalam serum karena kekurangan vit D atau rusaknya kelenjar paratiroid.
- c) *Osteomalada (ricketsia orang dewasa)* :diderita oleh orang dewasa.

Satuan untuk mengukur jumlah vitamin D adalah International Unit (IU).

1 IU = 0,025 mcg kristal murni vit D.

C. VITAMIN E (*Tokoferol*)

Vit E disebut senyawa antisterilitas, karena vit E diperlukan dalam proses reproduksi oleh tikus. Ada beberapa senyawa tokoferol yaitu : α , β dan γ tokoferol, tetapi yang paling tinggi keaktifannya adalah α tokoferol. Secara kimia ada kemiripan antara vit E dan hormon sex.

Peranan vitamin E :

- Sebagai antioksidan
- Terlibat dalam proses sintesis, khususnya dalam proses pemasangan pirimidin dalam asam nukleat, serta dalam pembentukan sel darah merah dalam sumsum tulang, dan sintesis koenzim A, yang penting dalam proses prnafasan.

Kekurangan Vit E :

- Dapat mengakibatkan kegagalan menghasilkan anak
- *Macrocytic anemia* yaitu jangka hidup butir darah yang lebih pendek.
- *Liver necrosis*
- *Dystrophy otot – otot*

D. VITAMIN K

Disebut juga vitamin koagulasi yaitu mencegah pendarahan yang parah atau mendorong penggumpalan darah secara normal. Vitamin K sangat penting bagi pembentukan protombin. Kadar protombin yang tinggi dalam darah merupakan indikasi baiknya penggumpalan darah.

Sumber Vitamin K :

- Hati
- Sayuran : bayam, kubis dan bunga kol. Bayi yang baru dilahirkan hanya mempunyai vit K sangat terbatas, sintesis vit K dalam saluran pencernaan baru dimulai setelah bayi berusia beberapa hari.
- Produk sintesis manadion memiliki kekuatan 3x dibanding vit K.
- Dikumarol adalah senyawa antagonik terhadap vit K

2. Golongan yang larur air (Vit C dan B), bebas bergerak dalam badan, darah dan limpa, tetapi mudah rusak dalam pengolahan.

E. VITAMIN C

Bentuk sebagai asam L- askorbat dan asam dehidro L -askorbat (mempunyai keaktifan sama sebagai vitamin C). Sangat mudah teroksidasi secara reversibel menjadi asam dehidro L - askorbat yang sangat labil dan mengalami perubahan menjadi asam diketo L -gulonat yang tidak memiliki keaktifan vitamin C.

Vitamin C disintesis secara alami baik dari tanaman maupun hewan, dan mudah dibuat secara sintesis dari gula. Vitamin C dapat diserap sangat cepat dari alat pencernaan masuk ke dalam saluran darah dan dibagikan ke seluruh jaringan tubuh. Kelenjar adrenalin mengandung vit C sangat tinggi.

Kelebihan vit C dibuang melalui air kemih

Bila orang yang asupan gizi baik. Bila mengkonsumsi vit C dosis tinggi, kelebihan akan dibuang. Bila orang bergizi buruk, kelebihan vit C ditahan di jaringan tubuh.

Peranan Vitamin C :

- Berperan utama dalam pembentukan kolagen interseluler
- Berperan dalam proses hidroksilasi dua asam amino prolin dan lisin menjadi hidroksi prolin dan hidroksilisin yang merupakan komponen kolagen yang penting
- Berperan dalam proses penyembuhan luka serta daya tahan tubuh melawan infeksi dan stres.
- Berperan dalam oksidasi fenilalanin menjadi tirosin, reduksi ion **feri** menjadi **fero** dalam saluran pencernaan sehingga besi mudah diserap
- Berperan dalam pengubahan **asam folat** menjadi bentuk yang aktif asam **folinat**
- Berperan dalam pembentukan **hormon steroid** dari kolesterol

Kekurangan Vitamin C Menyebabkan penyakit **sariawan** atau **skorbut**

Sumber Vitamin C :

- Sayuran dan buah buahan terutama yang segar (Vit C disebut: *Fresh Food*). Buah yang masih mentah banyak kandungan vit C nya dari pada yang masak
- Buah jeruk merupakan sumber vit C yang tinggi
- Buah pisang, apel, pear dan peach rendah kandungan vit C nya
- Bayam, brokoli, cabe hijau dan kubis merupakan sumber vit C yang baik

- Susu, telur, daging, ikan dan unggas sedikit kandungan vit C nya
- Air susu ibu yang sehat mengandung 6 x lebih banyak dibanding susu sapi

Vit C mudah larut air dan mudah teroksidasi oleh panas dan alkali. Pemasakan dengan air sedikit dan ditutup rapat sampai empuk banyak merusak vit C. Penambahan baking soda (untuk mencegah hilangnya warna sayuran selama pemasakan) akan menurunkan kandungan vit C nya dan mengubah rasa sayuran.

Kebutuhan vit C per orang per hari (widya Karya Nasional Pangan dan Gizi, 2004) adalah:

- Bayi dan anak < 10 th : 40 – 50 mg
- Pria > 10 th : 50 – 90 mg
- Wanita : 50 – 75 mg
- Ibu hamil dan menyusui perlu tambahan masing 2 : 10 dan 25 mg /orang/hari

F. VITAMIN B KOMPLEKS

- a) Vitamin B1 (Thiamin)
- b) Vitamin B2 (Riboflavin)
- c) Niasin (asam nikotinat, niasinamit)
- d) Vitamin B6 (Piridoksin)
- e) Asam pantotenat
- f) Biotin
- g) Folasin (asam folat)
- h) Vitamin B12 (sianokobalamin)

i) Vitamin B1 (Thiamin)

Bentuk murninya adalah tiamin hidroklorida. Perannya sebagai koenzim dalam reaksi – reaksi yang menghasilkan energi dari karbohidrat. Tiamin tidak dapat disimpan dalam tubuh dalam jumlah banyak hanya terbatas disimpan dalam hati, ginjal, jantung, otak dan otot.

Kelebihan akan dibuang melalui air kemih

Kekurangan Vit B1 menyebabkan *polyneuritis* (radang urat syaraf) dan beri – beri Kekurangan vit B1 banyak diderita oleh pecandu alkohol karena dalam metabolisme alkohol dan karbohidrat menjadi energi, banyak diperlukan tiamin, maka dalam birdifortifikasi vit B1

Kebutuhan vit B1 :

- Kebutuhan per orang per hari (Widya Karya nasional Pangan dan Gizi, 2004) :
- Bayi dan anak < 10 th : 0,3 – 0,9 mg
- Pria dan wanita berumur >10 th : 1,0 – 1,3 mg
- Ibu hamil perlu tambahan sebanyak 0,3 mg per orang per hari

Sumber Tiamin :

- Biji – bijian
- Daging, unggas,, ikan dan telur
- Sayuran dan buah – buahan kandungan tiamin kecil

VITAMIN B2

Disebut riboflavin karena strukturnya mirip gula ribosa dan karena ada hubungan dengan kelompok flavin. Berperan dalam reaksi metabolisme intermediat karena merupakan komponen suatu enzim yang dikenal sebagai flavoprotein. Merupakan bagian dari dua koenzim yaitu :

riboflavin fosfat (flavin mono nukleotida/FMN) dan flavin adenin dinukleotida (FAD). Riboflavin juga merupakan komponen dari enzim asam L – dan D – amino oksidase, yg mengoksidasi asam amino dan asam hidroksi menjadi asam α – keto dan merupakan bagian dari enzim xantin oksidase yang berfungsi mengkatalisis oksidase dari berbagai senyawa purin.

Kekurangan riboflavin :

- Penyakit *cheilosis* dengan gejala retak retak pada kulit disudut mulut (bibir), kerak – kerak pada kulit,, bibir dan lidah. Mulut semakin hari semakin sakit.
- Gejala awal adalah kelainan pada mata, yaitu menjadi sensitif terhadap cahaya dan cepat lelah, biasanya diikuti dengan kekaburan mata

Kebutuhan Vit B2 :

- Kebutuhan per orang per hari (widya karya Nasional Pangan dan Gizi, 2004) :
- Bayi dan anak < 10 th : 0,3 – 0,9 mg
- Pria dan wanita > 10 th : 1,0 – 1,3 mg
- Ibu hamil dan menyusui perlu tambahan masing – masing 0,3 dan 0,4 mg per orang per hari.

Sumber Riboflavin :

- Dari hasil ternak : hati, ginjal dan jantung mengandung riboflavin tinggi
- Sayuran hijau, biji – bijian, buah – buahan dan ubi – ubian mengandung riboflavin rendah.
- Susu sapi bila disimpan dalam botol jernih bila kena sinar matahari akan kehilangann riboflavin sampai 75% dalam waktu 3 jam.

MODUL 6

MINERAL

PENDAHULUAN

Unsur mineral merupakan salah satu komponen yang sangat diperlukan oleh makhluk hidup di samping karbohidrat, lemak, protein, dan vitamin, juga dikenal sebagai zat anorganik atau kadar abu. Sebagai contoh, bila bahan biologis dibakar, semua senyawa organik akan rusak; sebagian besar karbon berubah menjadi gas karbon dioksida (CO) hidrogen menjadi uap air, dan Nitrogen menjadi uap Nitrogen (N) Sebagian besar mineral akan tertinggal dalam bentuk abu dalam bentuk senyawa anorganik sederhana, serta akan terjadi penggabungan antar individu atau dengan oksigen sehingga terbentuk garam anorganik.

Berbagai unsur anorganik (mineral) terdapat dalam bahan biologi, tetapi tidak atau belum semua mineral tersebut terbukti esensial, sehingga ada mineral esensial dan non esensial. Mineral esensial yaitu mineral yang sangat diperlukan dalam proses fisiologis makhluk hidup untuk membantu kerja enzim atau pembentukan organ. Unsur-unsur mineral esensial dalam tubuh terdiri atas dua golongan, yaitu mineral makro dan mineral mikro. Mineral makro diperlukan untuk membentuk komponen organ di dalam tubuh. Mineral mikro yaitu mineral yang diperlukan dalam jumlah sangat sedikit dan umumnya terdapat dalam jaringan dengan konsentrasi sangat kecil. Mineral non esensial adalah logam yang perannya dalam tubuh makhluk hidup belum diketahui dan kandungannya dalam jaringan sangat kecil. Bila kandungannya tinggi dapat merusak organ tubuh makhluk hidup yang bersangkutan.

1. Pengertian Mineral

Mineral merupakan komponen inorganik yang terdapat dalam tubuh manusia. Berdasarkan dari kebutuhannya, mineral terbagi menjadi 2 kelompok yaitu mineral makro dan mineral mikro. Mineral makro dibutuhkan dengan jumlah > 100 mg per hari sedangkan mineral mikro dibutuhkan dengan jumlah < 100 mg per hari. Mineral-mineral yang dibutuhkan tubuh akan memiliki

fungsi khas-nya masing-masing seperti kalsium yang berperan dalam pembentukan struktur tulang & gigi, natrium berfungsi dalam menjaga keseimbangan cairan tubuh atau juga kalsium yang berfungsi untuk memperlancar peredaran darah.

2. Klasifikasi Mineral

Menurut jenisnya, klasifikasi mineral dibedakan

- A. Mineral Organik Adalah mineral yang dibutuhkan serta berguna bagi tubuh kita, yang dapat kita peroleh melalui makanan yang kita konsumsi setiap hari seperti nasi, ayam, ikan, telur, sayur-sayuran serta buah-buahan, atau vitamin tambahan.
- B. Mineral Anorganik Adalah mineral yang tidak dibutuhkan serta tidak berguna bagi tubuh kita. Contohnya: Timbal Hitam (Pb), Iron Oxide (Besi Teroksidasi), Merkuri, Arsenik, Magnesium, Aluminium atau bahan-bahan kimia hasil dari resapan tanah dan lain. Menurut bentuknya, klasifikasi mineral dibedakan menjadi 2, yaitu :
 - a. Mineral Makro Contohnya: Kalsium, Fosfor, Magnesium, Natrium, Klorida, Kalium.
 - b. Mineral Mikro Contohnya: Besi, Seng, Iodium, Selenium, Tembaga, Mangan, Kromium, Fluor.

3. Jenis Mineral Mikro dan Makro Serta Gangguannya

A. Mineral Mikro

Mineral Mikro merupakan mineral yang jumlah kebutuhannya kurang dari (<100 mg per hari) atau lebih sedikit di bandingkan dengan mineral makro. Yang termasuk mineral mikro antara lain:

a. Besi

Zat besi merupakan salah satu mineral yang dapat membuat tubuh sehat Tubuh manusia mengandung lebih kurang 3,5 - 4,5 gram zat besi, di mana dua per tiganya ditemukan di dalam darah, sementara sisanya ditemukan di dalam

hati, sumsum tulang, otot. Peranannya dalam produksi sel darah merah sudah sangat terkenal, terutama untuk kaum wanita.

Beberapa gejala kekurangan zat besi adalah: kesulitan bernafas (nafas terengah-engah), jantung yang berdetak lebih cepat, kelelahan, kesulitan memusatkan perhatian, tidur yang tidak pulas, sakit saat menstruasi, ujung bibir yang pecah-pecah, iritasi mata, dan bahkan kerontokan rambut. Sumber-sumber alami zat besi adalah: daging sapi, daging ayam, dan sayur-sayuran berwarna hijau tua.

b. Zinc / Seng

Seng adalah salah satu mineral yang dibutuhkan oleh tubuh dan dikelompokkan dalam golongan trace mineral. Namun bagi manusia, arti penting zat seng sebenarnya baru terungkap pada tahun 1956. Fungsi seng terbilang sangat vital bagi kelangsungan hidup sel-sel tubuh manusia. Salah satunya sebagai zat perantara bagi lebih 70 macam enzim dan protein yang ada di tubuh manusia. Enzim sendiri berperan dalam metabolisme seluruh sel-sel di tubuh manusia, maka jika enzim-enzim tidak terbentuk sempurna, fungsi sel tubuh akan terganggu. Selain itu, seng berperan pula dalam proses pembentukan genetik, yaitu pada DNA.

Berikut adalah tanda-tanda bila mengalami kekurangan seng menurut :

1. Rata-rata pertumbuhan yang lambat.
2. Tidak ada selera atau nafsu makan.
3. Penyembuhan luka yang lambat, muncul lesi pada kulit dan infeksi yang tak kunjung sembuh.
4. Kelelahan yang hebat.
5. Kerontokan pada rambut.
6. Ketidaknormalan pada kemampuan mengecap rasa dan mencium bau.
7. Kesulitan dalam melihat dikegelapan.
8. Menurunnya produksi hormon pada pria (infertilitas).

a. Iodium

Jenis mineral ini, selalu dihubung-hubungkan dengan garam. Bahkan WHO, lembaga kesehatan dunia milik PBB, pernah mencanangkan gerakan konsumsi garam beryodium di negara berkembang. Sebenarnya yodium hanyalah mineral yang 'dititipkan' pada garam. Hal ini disebabkan karena sebagian besar masyarakat di dunia menggunakan garam untuk memasak. Namun, sumber yodium terbesar adalah seafood, seperti: kerang, udang, rumput laut dan aneka ikan serta hasil olahannya. Peran yodium bagi tubuh Yodium tergolong sebagai mikro mineral yang sangat dibutuhkan oleh tubuh. Di dalam tubuh, yodium sangat dibutuhkan oleh kelenjar tiroid (kelenjar yang agak besar dan berada di leher depan bagian bawah). Oleh kelenjar tiroid, yodium digunakan untuk memproduksi tiroksin. Tiroksin adalah hormon yang mengatur aktivitas berbagai organ, mengontrol pertumbuhan, membantu proses metabolisme, bahkan menentukan berapa lama seseorang bertahan untuk hidup. Jika persediaan yodium di dalam tubuh sangat rendah maka kelenjar tiroid akan membesar sehingga membentuk benjolan pada leher yang biasanya disebut penyakit hipotiroid. Meski sama-sama mengalami pembengkakan pada bagian leher, hipotiroid berbeda dengan penyakit gondok (goitre) yang disebabkan karena virus. Jika tidak segera diobati, penderita hipotiroid akan mengalami anemia, sistem pernafasan melemah, penderita mengalami kejang, sehingga aliran darah ke otak berkurang sampai akhirnya terjadi gagal jantung. Pada ibu hamil, kekurangan hormon tiroid, dikhawatirkan bayinya akan mengalami cretenisma, yaitu tinggi badan di bawah ukuran normal (cebol) yang disertai dengan keterlambatan perkembangan jiwa dan tingkat kecerdasan. Tanda-tanda lain akibat hipotiroid ialah kelopak mata tampak lebih cembung, muka kelihatan suram, lesu, rambut kasar, lidah bengkak dan suara parau.

Kelebihan yodium di dalam tubuh dikenal juga sebagai hipertiroid. Hipertiroid terjadi karena kelenjar tiroid terlalu aktif memproduksi hormon tiroksin. Biasanya ditandai gejala mudah cemas, lemah, sensitif terhadap panas, sering berkeringat, hiperaktif, berat badan menurun, nafsu makan bertambah, jari-jari tangan bergetar, jantung berdebar-debar, bola mata menonjol serta denyut nadi

bertambah cepat dan tidak beraturan. Untuk memenuhi kecukupan yodium sebaiknya di dalam menu sehari-hari sertakan bahan-bahan pangan yang berasal dari laut. Kebutuhan yodium perhari sekitar 1-2 mikrogram per kg berat badan. Kecukupan yang dianjurkan sekitar 40-120 mikrogram/ hari untuk anak sampai umur 10 tahun, 150 mikrogram/ hari untuk orang dewasa. Untuk wanita hamil dan menyusui dianjurkan tambahan masing-masing 25 mikrogram dan 50 mikrogram/ hari.

b. Selenium

Selenium telah menunjukkan diri sebagai salah satu dari agen-agen antikanker yang lebih kuat. Apabila ia digabungkan dengan vitamin E, efektivitas keduanya terhadap kanker akan sangat meningkat. Mereka bersama-sama bekerja sebagai antikanker yang kuat, sistem antipenuaan yang disebut glutathione peroxidase (GSH). Kombinasi ini membentuk satu antioksidan yang paten, dan karenanya, pemakan radikal bebas ini melindungi membran-membran sel dari serangan radikal bebas. GSH oleh beberapa orang dilukiskan menyerupai miniatur kekuatan polisi yang mencari dan menghancurkan sel-sel pemberontak dan radikal-radikal bebas dalam tubuh. Tidak usah ditanyakan lagi bahwa mereka merupakan senjata penting bagi tubuh untuk mencegah kanker. Jumlah vitamin E dalam diet seseorang mempengaruhi kadar GSH di dalam tubuh.

Sejumlah kemampuan murni lainnya yang ditunjukkan oleh selenium:

1. Selenium meningkatkan efisiensi sehingga DNA dapat memperbaiki dirinya sendiri. Pada kadar tinggi selenium bersifat langsung sebagai racun terhadap sel-sel kanker.
2. Selenium menghambat pertumbuhan tumor dalam jaringan payudara manusia.
3. Selenium dapat mendeaktivasi toksisitas radiasi di dalam tubuh.
4. Selenium bekerja membersihkan darah dari efek kemoterapi dan malfungsi liver.
5. Selenium merupakan stimulan yang paten bagi sistem kekebalan.

Jadi betapa pentingnya mineral ini bagi pejuang kanker. Para ilmuwan telah memperhatikan adanya hubungan langsung antara insiden kanker dan kadar selenium di dalam tanah di berbagai negara yang berbeda. Bilamana kadarnya lebih rendah, insiden kanker pada populasi tersebut meningkat.

c. Tembaga

1. Sumber makanan utama : Daging, tiram, kacang-kacangan, tanaman polong yang dikeringkan, gandum.
2. Fungsi utama dalam tubuh :
 - Komponen enzim
 - Pembentukan sel darah merah
 - Pembentukan tulang
3. Akibat Dari Kekurangan & Kelebihan :
 - Kekurangan : Anemia pada anak² yg menderita malnutrisi.
 - Kelebihan : Pengendapan tembaga dalam otak, kerusakan hati.
4. Kebutuhan Harian Dewasa :

Dibutuhkan 2 miligram pada orang-orang yang menderita kanker telah didapati kekurangan tembaga. Oleh karenanya, tembaga tercakup dalam suplemen-suplemen lainnya disamping mineral-mineral cairan.

d. Mangan

1. Sumber makanan utama : Gandum, buah-buahan yg dikeringkan.
2. Fungsi utama dalam tubuh : Komponen enzim
3. Akibat Dari Kekurangan & Kelebihan :
 - Kekurangan : Penurunan berat badan, iritasi kulit, mual & muntah, perubahan warna rambut, pertumbuhan rambut yg lambat
 - Kelebihan : Kerusakan saraf.
1. Kebutuhan Harian Dewasa : Dibutuhkan 3,5 miligram.

e. Chromium

Chromium adalah sejenis mineral mikro yang esensial bagi tubuh. Esensial dalam hal ini berarti tidak bisa diproduksi oleh tubuh dan harus didapatkan dari sumber luar (seperti makanan dan suplementasi). Fungsinya hampir sama

dengan insulin yang diproduksi oleh tubuh yaitu untuk mendorong glukosa (karbohidrat) ke dalam sel untuk dijadikan energi. Asupan chromium yang optimal tampaknya menurunkan jumlah insulin yang diproduksi agar tidak terlalu banyak menjaga kadar gula darah.

Di dalam tubuh manusia dewasa pada umumnya mengandung 0,4 mg hingga 6 mg Chromium, dengan kadar yang lebih rendah umumnya dimiliki oleh individu yang berusia lanjut. Dalam beberapa studi kesehatan berdasarkan variasi geografis (tempat tinggal), ditemukan adanya hubungan yang kuat antara asupan gizi Chromium dengan penyakit diabetes dan jantung. Di tempat yang masyarakatnya mengkonsumsi cukup Chromium, jumlah penderita diabetes dan jantung jauh lebih sedikit daripada tempat yang masyarakatnya tidak mengkonsumsi cukup Chromium.

Sumber alami Chromium: Gandum, kuning telur, bayam, daging sapi, susu dan kacang hijau.

f. Fluor

Sudah ada kontroversi tentang fluor yang ditambahkan ke dalam air. Walaupun tidak begitu diperlukan, fluor terbukti dapat melindungi lubang gigi saat dikonsumsi dalam jumlah menengah (di bawah 4 mg/l). Fluor bertanggung jawab terhadap pencegahan kerusakan gigi yang terjadi di Amerika Serikat mulai pertengahan tahun 1980-an. Tindakan khusus harus dilakukan saat jumlah fluor yang dikonsumsi oleh anak-anak. Tingkat fluor di atas 2mg/l dapat merusak pertumbuhan gigi orang dewasa sebelum menjadi gigi tetap. Sumber fluor di antaranya adalah air, makanan laut, tanaman, ikan dan makanan hasil ternak. Sedangkan fungsi fluor di antaranya adalah :

- Untuk pertumbuhan dan pembentukan struktur gigi.
- Untuk mencegah karies gigi.

2. Mineral Makro

Mineral terbagi dua, yaitu mineral makro dan mineral mikro. Mineral makro adalah mineral yang dibutuhkan tubuh dalam jumlah lebih dari 100 mg sehari,

sedangkan mineral mikro adalah mineral yang dibutuhkan dalam jumlah kurang dari 100 mg sehari. Berikut ini akan dibahas mengenai mineral makro antara lain:

a. Natrium (Na)

Natrium merupakan kation utama dalam cairan ekstraseluler . 35-40 % terdapat dalam kerangka tubuh. Cairan saluran cerna, sama seperti cairan empedu dan pancreas mengandung banyak natrium.

Sumber utama Natrium adalah garam dapur (NaCl). Sumber natrium yang lain berupa monosodium glutamate (MSG), kecap dan makanan yang diawetkan dengan garam dapur. Makanan yang belum diolah, sayur dan buah mengandung sedikit natrium. Sumber lainnya seperti susu, daging, telur, ikan, mentega dan makanan laut lainnya.

- Fungsi dari natrium antara lain :
 1. Menjaga keseimbangan cairan dalam kompartemen ekstraseluler.
 2. Mengatur tekanan osmosis yang menjaga cairan tidak keluar dari darah dan masuk ke dalam sel.
 3. Menjaga keseimbangan asam basa dalam tubuh dengan mengimbangi zat-zat yang membentuk asam.
 4. Berperan dalam transmisi saraf dan kontraksi otot.
 5. Berperan dalam absorpsi glukosa dan sebagai alat angkut zat gizi lain melalui membrane, terutama melalui dinding usus sebagai pompa natrium.
- Dampak Kekurangan dan Kelebihan Akibat kekurangan natrium adalah sebagai berikut:
 1. Menyebabkan kejang, apatis dan kehilangan nafsu makan.
 2. dapat terjadi setelah muntah, diare, keringat berlebihan, dan diet rendah natrium. Akibat kelebihan natrium dapat menimbulkan keracunan yang dalam keadaan akut menyebabkan edema dan hipertensi.

b. Klorida (Cl)

Klor merupakan anion utama cairan ekstraselular. Konsentrasi klor tertinggi adalah dalam cairan serebrospinal (otak dan sumsum tulang belakang), lambung dan pancreas. Klor terdapat bersamaan dengan natrium dalam garam dapur. Beberapa sayuran dan buah juga mengandung klor.

- Fungsi dari klorida ini antara lain :
 1. Berperan dalam memelihara keseimbangan cairan dan elektrolit dalam cairan ekstraseluler.
 2. Memelihara suasana asam dalam lambung sebagai bagian dari HCL, yang diperlukan untuk bekerjanya enzim-enzim pencernaan.
 3. Membantu pemeliharaan keseimbangan asam dan basa bersama unsur-unsur pembentuk asam lainnya
 4. Ion klor dapat dengan mudah keluar dari sel darah merah dan masuk ke dalam plasma darah guna membantu mengangkut karbondioksida ke paru-paru dan keluar dari tubuh.
 5. Mengatur system rennin-angiotensin-aldosteron yang mengatur keseimbangan cairan tubuh.
- Kekurangan klor terjadi pada muntah-muntah, diare kronis, dan keringat berlebihan. Dan jika kelebihan juga bisa membuat muntah. Jadi AKG minimum klor sehari sebesar 750 mg.
- Klor diabsorpsi di usus halus dan dieksresi melalui urin dan keringat. Kehilangan klor mengikuti kehilangan natrium.

c. Kalium (K)

Kalium merupakan ion yang bermuatan positif dan terdapat di dalam sel dan cairan intraseluler. Kalium berasal dari tumbuh-tumbuhan dan hewan. Sumber utama adalah makanan segar/ mentah, terutama buah, sayuran dan kacang-kacangan.

- Fungsi dari kalium ini antara lain :
 1. Berperan dalam pemeliharaan keseimbangan cairan dan elektrolit serta keseimbangan asam dan basa bersama natrium.
 2. Bersama kalsium, kalium berperan dalam transmisi saraf dan kontraksi otot.
 3. Di dalam sel, kalium berfungsi sebagai katalisator dalam banyak reaksi biologi, terutama metabolisme energi dan sintesis glikogen dan protein.
 4. Berperan dalam pertumbuhan sel.
- Kekurangan kalium dapat terjadi karena kebanyakan kehilangan melalui saluran cerna atau ginjal. Kehilangan banyak melalui saluran cerna dapat terjadi karena muntah-muntah, diare kronis atau kebanyakan menggunakan obat pencuci perut. Kebanyakan kehilangan melalui ginjal adalah karena penggunaan obat diuretic terutama untuk pengobatan hipertensi. Kekurangan kalium menyebabkan lesu, lemah, kehilangan nafsu makan, kelumpuhan, mengigau, dan konstipasi.
- Kelebihan kalium akut dapat terjadi bila konsumsi melebihi 12 g/ m² permukaan tubuh sehari tanpa diimbangi oleh kenaikan eksresi. Hiperkalemia akut dapat menyebabkan gagal jantung yang berakibat kematian. Kelebihan kalium dapat terjadi bila ada gangguan fungsi ginjal.

d. Kalsium (Ca)

Kalsium merupakan mineral yang paling banyak dalam tubuh yang berada dalam jaringan keras yaitu tulang dan gigi. Di dalam cairan ekstraseluler dan intraseluler, kalsium berperan penting dalam mengatur fungsi sel, seperti untuk transmisi saraf, kontraksi otot, penggumpalan darah dan menjaga permeabilitas membrane sel. Kalsium mengatur kerja hormone dan factor pertumbuhan.

Sumber kalsium terutama pada susu dan hasilnya, seperti keju. Ikan dimakan dengan tulang, termasuk ikan kering merupakan sumber kalsium yang baik,

udang, kerang, kepiting, kacang-kacangan dan hasil olahannya, daun singkong, daun lamtoro.

- Fungsi utama dari kalsium antara lain :
 1. Pembentukan tulang dan gigi.
 2. Kalsium dalam tulang berguna sebagai bagian integral dari struktur tulang dan sebagai tempat menyimpan kalsium.
 3. Mengatur pembekuan darah.
 4. Katalisator reaksi biologis, seperti absorpsi vitamin B12, tindakan enzim pemecah lemak, lipase pancreas, eksresi insulin oleh pancreas, pembentukan dan pemecahan asetilkolin.
 5. Relaksasi dan Kontraksi otot, dengan interaksi protein yaitu aktin dan myosin.
 6. Berperan dalam fungsi saraf, tekanan darah dan fungsi kekebalan.
 7. Meningkatkan fungsi transport membran sel, stabilisator membrane, dan transmisi ion melalui membrane organel sel.
- Kekurangan kalsium pada masa pertumbuhan menyebabkan gangguan pertumbuhan, tulang kurang kuat, mudah bengkok dan rapuh. Pada usia lanjut terjadi osteoporosis yang dapat dipercepat oleh keadaan stress. Dapat juga terjadi pada perokok dan pemabuk. Selain itu dapat juga menyebabkan osteomalasia yaitu riketsia pada orang dewasa dan terjadi karena kekurangan vitamin D. kadar kalsium darah yang rendah dapat menyebabkan tetani atau kejang.
- Akibat kelebihan kalsium menimbulkan batu ginjal atau gangguan ginjal, gangguan absorpsi mineral lain serta konstipasi.

Sebanyak 30-50 % kalsium yang dikonsumsi diabsorpsi tubuh yang terjadi di bagian atas usus halus yaitu duodenum. Kalsium membutuhkan pH 6 agar dapat berada dalam kondisi terlarut. Absorpsi kalsium terutama dilakukan secara aktif dengan menggunakan alat angkut protein-pengikat kalsium. Absorpsi pasif terjadi pada permukaan saluran cerna. Kalsium hanya bias diabsorpsi bila terdapat dalam bentuk larut air dan tidak mengendap karena

unsure makanan lain. Kalsium yang tidak diabsorpsi dikeluarkan melalui feses. Kehilangan kalsium dapat terjadi melalui urin, sekresi cairan yang masuk saluran cerna serta keringat.

e. Fosfor (P)

Fosfor merupakan mineral kedua terbanyak dalam tubuh, sekitar 1 % dari berat badan. Fosfor terdapat pada tulang dan gigi serta dalam sel yaitu otot dan cairan ekstraseluler. Fosfor merupakan bagian dari asam nukleat DNA dan RNA. Sebagai fosfolipid, fosfor merupakan komponen structural dinding sel. Sebagai fosfat organik, fosfor berperan dalam reaksi yang berkaitan dengan penyimpanan atau pelepasan energi dalam bentuk Adenin Trifosfat (ATP).

Fosfor terdapat pada semua sel makhluk hidup, terutama makanan kaya protein, seperti daging, ayam, ikan, telur, susu dan hasilnya, kacang-kacangan serta sereal.

- Fungsi dari fosfor antara lain :
 1. Kalsifikasi tulang dan gigi melalui pengendapan fosfor pada matriks tulang.
 2. Mengatur peralihan energi pada metabolisme karbohidrat, protein dan lemak melalui proses fosforilasi fosfor dengan mengaktifkan berbagai enzim dan vitamin B.
 3. Absorpsi dan transportasi zat gizi serta system buffer.
 4. Bagian dari ikatan tubuh esensial yaitu RNA dan DNA serta ATP dan fosfolipid.
 5. Mengatur keseimbangan asam basa.
- Kekurangan fosfor bias terjadi karena menggunakan obat antacid untuk menetralkan asam lambung, yang dapat mengikat fosfor sehingga tidak dapat diabsorpsi. Kekurangan fosfor juga terjadi pada penderita yang kehilangan banyak cairan melalui urin. Kekurangan fosfor mengakibatkan kerusakan tulang dengan gejala lelah, kurang nafsu makan dan kerusakan tulang.

- Bila kadar fosfor darah terlalu tinggi, ion fosfat akan mengikat kalsium sehingga dapat menimbulkan kejang.

f. Magnesium (Mg)

Magnesium adalah kation terbanyak setelah natrium di dalam cairan inter selular. Magnesium merupakan bagian dari klorofil daun. Peranan magnesium dalam tumbuh-tumbuhan sama dengan peranan zat besi dalam ikatan hemoglobin dalam darah manusia yaitu untuk pernafasan. Magnesium terlibat dalam berbagai proses metabolisme.

1. Magnesium terdapat dalam tulang dan gigi, otot, jaringan lunak dan cairan tubuh lainnya.
2. Sumber utama magnesium adalah sayur hijau, sereal tumbuk, biji-bijian dan kacang-kacangan. Daging, susu dan hasilnya serta coklat merupakan sumber magnesium yang baik.
3. Magnesium berperan penting dalam system enzim dalam tubuh. Magnesium berperan sebagai katalisator dalam reaksi biologis termasuk metabolisme energi, karbohidrat, lipid, protein dan asam nukleat, serta dalam sintesis, degradasi, dan stabilitas bahan gen DNA di dalam semua sel jaringan lunak. Magnesium mencegah kerusakan gigi dengan cara menahan kalsium dalam email gigi.
4. Kekurangan magnesium bisa terjadi jika kekurangan protein dan energi serta berbagai komplikasi penyakit yang menyebabkan gangguan absorpsi atau penurunan fungsi ginjal, endokrin, terlalu lama mendapat makanan tidak melalui mulut (intravena).
5. Akibat kelebihan magnesium belum diketahui secara pasti. Kelebihan magnesium terjadi pada penyakit gagal ginjal.

g. Sulfur (S)

Sulfur merupakan bagian dari zat-zat gizi esensial, seperti vitamin tiamin dan biotin serta asam amino metionin dan sistein. Rantai samping molekul sistein yang mengandung sulfur berkaitan satu sama lain sehingga

membentuk jembatan disulfide yang berperan dalam menstabilkan molekul protein.

Sulfur terdapat dalam tulang rawan, kulit, rambut dan kuku yang banyak mengandung jaringan ikat yang bersifat kaku. Sumber sulfur adalah makanan yang mengandung berprotein. Sulfur berasal dari makanan yang terikat pada asam amino yang mengandung sulfur yang diperlukan untuk sintesis zat-zat penting. Berperan dalam reaksi oksidasi-reduksi, bagian dari tiamin, biotin dan hormone insuline serta membantu detoksifikasi. Sulfur juga berperan melarutkan sisa metabolisme sehingga bias dikeluarkan melalui urin, dalam bentuk teroksidasi dan dihubungkan dengan mukopolisakarida.

Kecukupan sehari sulfur tidak ditetapkan dan hingga sekarang belum diketahui adanya kekurangan sulfur bila makanan yang kita konsumsi cukup mengandung protein. Dampak kekurangan sulfur bisa terjadi jika kekurangan protein.

Kelebihan sulfur bisa terjadi jika konsumsi asam amino berlebih pada hewan yang akan menghambat pertumbuhan

PENDAHULUAN

Makanan, tentunya setiap orang yang mendengarnya pun akan tergugah untuk mencobanya apalagi jika penampilan serta warnanya yang menarik. Warna penting bagi banyak makanan, baik bagi makanan yang diproses maupun tidak. Warna memegang peran penting dalam keterterimaan makanan. Selain itu, warna dapat memberi petunjuk mengenai perubahan kimia dalam makanan, seperti pencoklatan dan pengkaramelan. Penambahan zat pewarna pada makanan bertujuan agar makanan lebih menarik. Zat pewarna sendiri secara luas digunakan di seluruh dunia.

Di Indonesia, sejak dahulu orang banyak menggunakan pewarna makanan tradisional yang berasal dari bahan alami, misalnya kunyit untuk warna kuning, daun suji untuk warna hijau dan daun jambu untuk warna merah. Penggunaan zat pewarna untuk makanan (baik yang diizinkan maupun dilarang) diatur dalam SK Menteri Kesehatan RI No. 235/MenKes/Per/VI/79 dan direvisi melalui SK Menteri Kesehatan RI No. 722/MenKes/Per/VI/88 mengenai bahan tambahan makanan. Zat pewarna makanan alami sejak dulu telah dikenal dalam industri makanan untuk meningkatkan daya tarik produk makanan tersebut, sehingga konsumen tergugah untuk membelinya. Pada umumnya pewarna alami aman dikonsumsi namun mempunyai kelemahan, yakni ketersediaannya terbatas dan warnanya tidak homogen sehingga tidak cocok digunakan untuk industri makanan dan minuman.

Penggunaan bahan alami untuk produk massal akan meningkatkan biaya produksi menjadi lebih mahal dan lebih sulit karena sifat pewarna alami tidak homogen sehingga sulit menghasilkan warna yang stabil. Kemajuan teknologi pangan memungkinkan zat pewarna dibuat secara sintesis. Dalam jumlah yang sedikit, suatu zat kimia bisa memberi warna yang stabil pada produk pangan. Dengan demikian produsen bisa menggunakan lebih banyak pilihan warna untuk

menarik perhatian konsumen. Namun biasanya para produsen lebih memilih untuk menggunakan bahan pewarna sintetis yang bisa menguntungkan untuk produksi makanannya tanpa memperhatikan bahaya yang ditimbulkan bagi konsumen jika menggunakan bahan pewarna sintetis. Mungkin bahaya yang ditimbulkan tidak terasa dalam jangka pendek, tapi jika dikonsumsi terus-menerus maka efeknya pun akan terasa dalam jangka panjang.

Kenyataannya, kita sebagai konsumen akan sulit membedakan makanan yang mengandung pewarna alami ataupun pewarna sintetis. Sehingga diperlukan adanya perhatian lebih mengenai hal tersebut. Bagaimana cara membedakannya, bahayanya serta cara penggunaan yang tepat dalam makanan. Untuk itulah didalam makalah tersebut dibahas mengenai hal-hal yang berkaitan dengan zat pewarna makanan baik alami ataupun sintetis.

Pengertian Zat Perwarna

Zat pewarna makanan adalah zat yang sering digunakan untuk memberikan efek warna pada makanan sehingga makanan terlihat lebih menarik sehingga menimbulkan selera orang untuk mencicipinya. Menurut Winarno(1995), yang dimaksud dengan zat pewarna adalah bahan tambahan makanan yang dapat memperbaiki warna makanan yang berubah atau menjadi pucat selama proses pengolahan atau untuk memberi warna pada makanan yang tidak berwarna agar kelihatan lebih menarik. Menurut PERMENKES RI No.722/Menkes/Per/IX/1988, zat pewarna adalah bahan tambahan makanan yang dapat memperbaiki atau member warna pada makanan. Warna pada makanan merupakan indikator kesegaran atau kematangan. Zat pewarna makanan dapat diperoleh dari bahan alam atau dari bahan buatan.

Penampilan makanan, termasuk warnanya, sangat berpengaruh untuk menggugah selera. Penambahan zat pewarna pada makanan bertujuan agar makanan lebih menarik. Zat pewarna sendiri secara luas digunakan di seluruh dunia. Di Indonesia, sejak dahulu orang banyak menggunakan pewarna makanan tradisional yang berasal dari bahan alami, misalnya kunyit untuk warna kuning, daun suji untuk warna hijau dan daun jambu untuk warna merah. Pewarna alami ini aman dikonsumsi namun mempunyai kelemahan, yakni ketersediaannya

terbatas dan warnanya tidak homogen sehingga tidak cocok digunakan untuk industri makanan dan minuman. Penggunaan bahan alami untuk produk massal akan meningkatkan biaya produksi menjadi lebih mahal dan lebih sulit karena sifat pewarna alami tidak homogen sehingga sulit menghasilkan warna yang stabil. Kemajuan teknologi pangan pangan memungkinkan zat pewarna dibuat secara sintetis. Dalam jumlah yang sedikit, suatu zat kimia bisa memberi warna yang stabil pada produk pangan. Dengan demikian produsen bisa menggunakan lebih banyak pilihan warna untuk menarik perhatian konsumen.

Manfaat Zat Pewarna

Berikut ini beberapa alasan utama menambahkan zat pewarna pada makanan

(Syah et al. 2005) :

1. Untuk memberi kesan menarik bagi konsumen.
2. Menyeragamkan warna makanan dan membuat identitas produk pangan.
3. Untuk menstabilkan warna atau untuk memperbaiki variasi alami warna. Dalam hal ini penambahan warna bertujuan untuk menutupi kualitas yang rendah dari suatu produk sebenarnya tidak dapat diterima apalagi bila menggunakan zat pewarna yang berbahaya.
4. Untuk menutupi perubahan warna akibat paparan cahaya, udara atau temperatur yang ekstrim akibat proses pengolahan dan selama penyimpanan.
5. Untuk menjaga rasa dan vitamin yang mungkin akan terpengaruh sinar matahari selama produk disimpan

Jenis-Jenis Zat Pewarna

Pewarna Alami

Pewarna alami makanan adalah zat pewarna alami (pigmen) yang diperoleh dari tumbuhan, hewan, atau dari sumber-sumber mineral. Biasanya zat pewarna ini telah digunakan sejak dulu dan umumnya dianggap lebih aman daripada zat pewarna sintesis, seperti kunyit sebagai pewarna kuning alami bagi berbagai jenis makanan.

a. Kandungan Pewarna Alami

Beberapa contoh zat pewarna alami yang biasa digunakan untuk mewarnai makanan dikutip “dari buku membuat pewarna alami karya Nur Hidayat dan Elfi Anis Saati terbitan Trubus Agrisarana 2006”.

1. Karoten, menghasilkan warna jingga sampai merah. Biasanya digunakan untuk mewarnai produk-produk minyak dan lemak seperti minyak goreng dan margarin. Dapat diperoleh dari wortel dan pepaya.
2. Biksin, memberikan warna kuning seperti mentega. Biksin diperoleh dari biji pohon bixa orellana yang terdapat di daerah tropis dan sering digunakan untuk mewarnai mentega, margarin, minyak jagung, dan salad dressing.
3. Karamel, berwarna coklat gelap dan merupakan hasil dari hidrolisis (pemecahan) karbohidrat, gula pasir, dan laktosa serta sirup malt. Karamel terdiri atas tiga jenis, yaitu karamel tahan asam yang sering digunakan untuk minuman berkarbonat, karamel cair untuk roti dan biskuit, serta karamel kering. Gula kelapa yang selain berfungsi sebagai pemanis, juga memberikan warna merah kecoklatan pada minuman es kelapa atau pun es cendol.
4. Klorofil, menghasilkan warna hijau diperoleh dari daun banyak digunakan untuk makanan. Saat ini mulai digunakan pada berbagai produk kesehatan. Pigmen klorofil banyak terdapat pada dedaunan (misal daun suji, pandan, dan katuk).
5. Antosianin, penyebab warna orange, ungu, merah, dan biru. Banyak terdapat pada bunga dan buah-buahan, seperti bunga mawar, pacar air, kembang sepatu, aster cina, buah apel, cherry, anggur, strawberry, juga terdapat pada buah manggis dan umbi ubi jalar. Biasanya pigmen antosianin masih terbatas pada beberapa produk makanan, seperti produk minuman, sari buah, dan jus.

b. Kelebihan dan kekurangan pewarna alami

Kelebihan	Kekurangan
a. Aman dikonsumsi.	1. Seringkali memberikan rasa dan flavor khas yang tidak diinginkan.
b. Warna lebih menarik.	

c. Terdapat zat gizi.	2. Tidak stabil pada saat proses pemasakan.
d. Mudah didapat dari alam.	3. Konsentrasi pigmen rendah.
	4. Stabilitas pigmen rendah.
	e. Keseragaman warna kurang baik.
	f. Spektrum warna tidak seluas seperti pada pewarna sintetis.
	g. Susah dalam penggunaannya.
	h. Pilihan warna sedikit atau terbatas.
	i. Kurang tahan lama.

Macam – macam bahan yang menghasilkan warna alami sebagai berikut:

1. Daun Suji

Daun suji bisa dipakai untuk warna hijau. Biasanya daun suji dicampur dengan daun pandan, sehingga juga memberikan aroma harum pada makanan , kue atau minuman Anda. Cara membuatnya, iris halus daun suji dan daun pandan, haluskan dengan cara ditumbuk atau diblender, kemudian saring dan peras, tambahkan air kapur sirih sebagai pengawet, masukkan ke dalam botol tertutup dan simpan di lemari es.

2. Kayu Secang

Manfaatkan batang kayu secang untuk memberi warna merah pada makanan. Cara membuatnya, batang secang yang masih basah serut kemudian keringkan. Serutan batang secang yang telah kering rebus dengan air kemudian saring, campurkan ke dalam adonan atau bahan yang akan diwarnai. Kayu secang bisa diperoleh di toko yang menjual jamu tradisional.

3. Angkak

Angkak bisa menggantikan warna merah sintetis. Contoh penggunaan angkak untuk pewarna makanan atau minuman diantaranya adalah anggur, keju, sayuran, pasta ikan, kecap ikan, minuman beralkohol, aneka macam kue, dan

produk olahan daging seperti sosis. Cara menggunakannya adalah diseduh dengan air panas, air seduhan pertama lebih baik dibuang karena rasanya pahit. Setelah seduhan ketiga baru saring lalu haluskan.

4. Bunga Telang

Bunga telang berwarna biru keunguan bisa digunakan sebagai warna alami biru pada makanan. Cara menggunakannya, cuci bersih bunga telang, remas-remas atau tumbuk dengan sedikit air matang, kemudian saring. Atau, rebus bunga telang hingga bunga layu dan airnya berwarna biru, kemudian saring dan ambil airnya. Jika ingin menyimpan untuk waktu yang lama, bunga telang keringkan dengan dijemur di bawah sinar matahari, kemudian masukkan ke dalam kemasan kering dan tertutup.

5. Kunyit

Untuk mendapatkan warna kuning dari kunyit, parut kunyit hingga halus, kemudian peras atau campurkan langsung ke makanan.

6. Kluwek, Abu Merang, tinta cumi, dan daun pisang kering

Kluwek, abu merang dan tinta cumi serta daun pisang yang sudah kering dapat digunakan sebagai pewarna hitam alami untuk makanan. Misalnya untuk membuat kue yang berwarna hitam, bisa menggunakan abu merang dengan cara abu merang dibakar kemudian diayak, atau kluwak yang berkualitas baik dipecahkan, kemudian ambil daging buahnya, kemudian haluskan dan dicampur dengan bumbu lainnya. Bisa juga dengan tinta cumi yang dilarutkan dengan air.

7. Rosella

Dari buah rosella yang bisa dipakai kulitnya setelah dihancurkan kemudian disaring, diuapkan, dikeringkan, dan akhirnya terbentuk pigmen berwarna merah.

8. Daun Pandan

Daun pandan bisa menghasilkan warna hijau pada makanan, cara pembuatannya daun pandan cukup diblender sampai hancur lalu disaring atau diremas dengan air secukupnya.

9. Buah Stroberi

Stroberi dapat menghasilkan warna merah pada makanan, cara pembuatannya stroberi cukup diblender sampai hancur lalu disaring atau diremas dengan air secukupnya.

10. Buah Tomat

Tomat dapat menghasilkan warna orange pada makanan, cara pembuatannya tomat yang sudah matang cukup diblender sampai hancur lalu disaring atau diremas dengan air secukupnya.

11. Anggur

Untuk mendapatkan warna ungu, dapat dibuat dari kulit buah anggur yang dihaluskan, dan diperas airnya.

12. Wortel

Untuk mendapatkan warna orange dapat menggunakan sari wortel. Wortel diparut kemudian diperas airnya.

Ciri-ciri pewarna alami yang terdapat pada makanan

- a. Warna agak suram,
- b. Mudah larut dalam air,
- c. Membutuhkan bahan pewarna lebih banyak (kurang mampu mewarnai dengan baik),
- d. Membutuhkan waktu lama untuk meresap kedalam produk.

Pewarna Buatan

Pewarna buatan adalah pewarna yang dihasilkan dari proses sintesis melalui rekayasa kimiawi. Pewarna buatan terbuat dari bahan kimia seperti tartazin untuk warna kuning, brilliant blue untuk warna biru, alurared untuk warna merah. Adapun kelebihan dari bahan pewarna buatan antara lain :

- a. Aman di konsumsi (dalam takaran tertentu)
- b. Warna yang dihasilkan baik/terang.

Beberapa contoh zat warna buatan antara lain amaranth (merah), violet (ungu), tarerazin (kuning), fast green FCF (hijau), dan brilliant blue FCF (biru). Penggunaan zat warna sintesis harus diatur untuk menjaga kesehatan konsumen serta untuk menghindari timbulnya penyalahgunaan karena ketidaktahuan atau disengaja untuk menekan biaya produksi.

Pewarna buatan untuk makanan diperoleh melalui proses sintesis kimia buatan yang mengandalkan bahan-bahan kimia, atau dari bahan yang mengandung pewarna alami melalui ekstraksi secara kimiawi. Beberapa contoh pewarna buatan yaitu :

Warna kuning : tartrazin, sunset yellow

Warna merah : allura, eritrosin, amaranth.

Warna biru : biru berlian

a) Pengertian Pewarna Sintetis

Pewarna sintetis adalah zat warna yang mengandung bahan kimia yang biasanya digunakan didalam makanan untuk mewarnai makanan. Pewarna sintetis ini mempunyai keuntungan yang nyata dibandingkan pewarna alami, yaitu mempunyai kekuatan mewarnai yang lebih kuat, lebih seragam, lebih stabil, dan biasanya lebih murah.

b) Jenis-jenis Pewarna Sintetis

1. Tartrazine (E102 atau Yellow 5)

Pewarna kuning yang banyak digunakan dalam makanan dan obat-obatan. Selain berpotensi meningkatkan hiperaktivitas anak, pada sekitar 1-10 dari 10.000 orang, Tartrazine menimbulkan efek samping langsung seperti urtikaria (ruam kulit), Rhinitis (hidung meler), asma, purpura (kulit lebam). Intoleransi ini lebih umum pada penderita asma atau orang yang sensitive terhadap aspirin.

2. Sunset Yellow (E110, Orange Yellow/Yellow 6)

Pewarna yang dapat ditemukan dalam makanan seperti jus jeruk, es krim, ikan kalengan, keju, jeli, minuman soda dan banyak obat-obatan. Untuk sekelompok kecil individu, konsumsi pewarna adiktif ini dapat menimbulkan urtikaria, rinitis, alergi, hiperaktivitas, sakit perut, mual dan muntah.

3. Ponceau 4R (E124 atau SX Purple)

Pewarna merah hati yang digunakan dalam berbagai produk, termasuk selai, kue, agar-agar dan minuman ringan. Selain berpotensi memicu hiperaktivitas pada anak, pewarna ini dianggap karsinogenik (penyebab kanker) di beberapa Negara.

4. Allura Red (E129)

Pewarna sintetis merah jingga yang banyak digunakan pada permen dan minuman. Pewarna ini sudah banyak dilarang di banyak Negara.

5. Quinoline Yellow (E104)

Pewarna makanan kuning ini digunakan dalam produk seperti es krim dan minuman energy. Zat ini sudah dilarang di banyak Negara karena dianggap meningkatkan resiko hiperaktivitas dan serangan asma.

6. Metanil Yellow

Pewarna makanan ini juga merupakan salah satu zat pewarna yang tidak diizinkan untuk ditambahkan ke dalam bahan makanan. Metanil Yellow digunakan sebagai pewarna untuk produk-produk tekstil (pakaian), cat kayu, dan cat lukis.

Kelebihan pewarna buatan dibanding pewarna alami adalah dapat menghasilkan warna yang lebih kuat dan stabil meski jumlah pewarna yang digunakan hanya

sedikit. Warna yang dihasilkan dari pewarna buatan akan tetap cerah meskipun sudah mengalami proses pengolahan dan pemanasan, sedangkan pewarna alami mudah mengalami degradasi atau pemudaran pada saat diolah dan disimpan. Misalnya kerupuk yang menggunakan pewarna alami, maka warna tersebut akan segera pudar ketika mengalami proses penggorengan.

Bahaya Zat Pewarna

Proses pembuatan zat pewarna sintetis biasanya melalui perlakuan pemberian asam sulfat atau asam nitrat yang sering kali terkontaminasi oleh arsen atau logam berat lain yang bersifat racun. Pada pembuatan zat pewarna organik sebelum mencapai produk akhir, harus melalui suatu senyawa antara yang kadang-kadang berbahaya dan sering kali tertinggal dalam hasil akhir, atau terbentuk senyawa-senyawa baru yang berbahaya. Untuk zat pewarna yang dianggap aman, ditetapkan bahwa kandungan arsen tidak boleh lebih dari 0,00014 persen dan timbal tidak boleh lebih dari 0,001 persen, sedangkan logam berat lainnya tidak boleh ada.

Kelarutan pewarna sintetis ada dua macam yaitu dyes dan lakes. Dyes adalah zat warna yang larut air dan diperjual belikan dalam bentuk granula, cairan, campuran warna dan pasta. Digunakan untuk mewarnai minuman berkarbonat, minuman ringan, roti, kue-kue produk susu, pembungkus sosis, dan lain-lain. Lakes adalah pigmen yang dibuat melalui pengendapan dari penyerapan dye pada bahan dasar, biasa digunakan pada pelapisan tablet, campuran adonan kue, cake dan donat.

Rhodamin B. Rhodamin B adalah salah satu pewarna sintetis yang tidak boleh dipergunakan untuk makanan, selain itu pewarna lainnya yang dilarang adalah Metanil Yellow Rhodamin B memiliki rumus molekul $C_{28}H_{31}N_2O_3Cl$, dengan berat molekul sebesar 479.000. Rhodamin B berbentuk kristal hijau atau serbuk-unggu kemerah-merahan, sangat mudah larut dalam air yang akan menghasilkan warna merah kebiru-biruan dan berfluoresensi kuat. Selain mudah larut dalam air juga larut dalam alkohol, HCl dan NaOH. Rhodamin B ini biasanya dipakai dalam pewarnaan kertas, di dalam laboratorium digunakan sebagai pereaksi untuk identifikasi Pb, Bi, Co, Au, Mg, dan Th. Rhodamin B

sampai sekarang masih banyak digunakan untuk mewarnai berbagai jenis makanan dan minuman (terutama untuk golongan ekonomi lemah), seperti kue-kue basah, saus, sirup, kerupuk dan tahu (khususnya Metanil Yellow), dan lain-lain.

Menurut Dinas Kesehatan Propinsi Jawa Barat, ciri-ciri makanan yang diberi Rhodamin B adalah warna makanan merah terang mencolok. Biasanya makanan yang diberi pewarna untuk makanan warnanya tidak begitu merah terang mencolok. Tanda-tanda dan gejala akut bila terpapar Rhodamin B :

- a. Jika terhirup dapat menimbulkan iritasi pada saluran pernafasan.
- b. Jika terkena kulit dapat menimbulkan iritasi pada kulit.
- c. Jika terkena mata dapat menimbulkan iritasi pada mata, mata kemerahan, udem pada kelopak mata.
- d. Jika tertelan dapat menimbulkan gejala keracunan dan air seni berwarna merah atau merah muda.

Beberapa sifat fisik rhodamin B sebagai berikut:

1. kristal hijau atau serbuk-unggu kemerah-merahan
2. mudah larut dalam air yang akan menghasilkan warna merah kebiru-biruan dan berflourensi kuat.
3. larut dalam alkohol, HCl dan NaOH.

Rhodamin B sekarang sering digunakan untuk mewarnai berbagai jenis makanan dan minuman misalnya kue-kue basah, saus, sirup, kerupuk. Ciri-ciri makanan yang diberi Rhodamin B adalah warna makanan merah terang mencolok. Biasanya makanan yang diberi pewarna untuk makanan warnanya tidak begitu merah terang mencolok. Tanda-tanda dan gejala akut bila terpapar Rhodamin B adalah sebagai berikut.

- 1) Jika terhirup dapat menimbulkan iritasi pada saluran pernafasan.
- 2) Jika terkena kulit dapat menimbulkan iritasi pada kulit

3) Jika terkena mata dapat menimbulkan iritasi pada mata, mata kemerahan, udem pada kelopak mata.

4) Jika tertelan dapat menimbulkan gejala keracunan dan air seni berwarna merah atau merah muda.

5) Jika tertelan, dapat menimbulkan iritasi pada saluran pencernaan .dan menimbulkan gejala keracunan dan air seni berwarna merah atau merah muda.

Tindakan yang bisa dilakukan bila terpapar Rhodamin B

a. Bila terkena kulit, lepaskan pakaian perhiasan, sepatu penderita yang terkontaminasi/terkena Rhodamin B. Cuci kulit dengan sabun dan air mengalir sampai bersih dari Rhodamin B, selama kurang lebih 15 s/d 20 menit, bila perlu hubungi dokter.

b. Bila terkena mata, bilas dengan air mengalir atau larutan garam fisiologis, mata dikedip-kedipkan sampai dipastikan sisa Rhodamin B sudah tidak ada lagi/bersih, bila perlu hubungi dokter.

c. Bila terhirup segera pindahkan korban dari lokasi kejadian, pasang masker berkatup atau perlatan sejenis untuk melakukan pernapasan buatan, bila perlu hubungi dokter.

d. Bila tertelan dan terjadi muntah, letakkan posisi kepala lebih rendah dari pinggul untuk mencegah terjadinya muntahan masuk ke saluran pernafasan.

e. Bila korban tidak sadar, miringkan kepala ke samping atau ke satu sisi, bila perlu hubungi dokter.

Metanil Yellow

Merupakan salah satu zat pewarna yang tidak diizinkan untuk ditambahkan ke dalam bahan makanan. Metanil Yellow digunakan sebagai pewarna untuk produk produk tekstil (pakaian), cat kayu, dan cat lukis. Metanil juga biasa dijadikan indikator reaksi netralisasi asam basa.

Cara Pemeriksaan

a. Pemeriksaan Formalin

Formalin tidak diizinkan ditambahkan ke dalam bahan makanan atau digunakan sebagai pengawet makanan, karena berbahaya bagi kesehatan dan dapat menyebabkan kematian jika dikonsumsi dalam kadar yang tinggi. Pemeriksaannya dilakukan dengan cara sebagai berikut :

<p>a. Alat</p> <ol style="list-style-type: none">1. Cawan petri2. Spet3. Mortal4. Tabung reaksi & rak tabung reaksi	<p>b. Bahan</p> <ol style="list-style-type: none">1. Pereaksi Formalin (Test kit)2. Sampel3. Mie basah4. Somay5. Kapas6. Air mineral
<p>c. Cara kerja</p> <ol style="list-style-type: none">1) Persiapkan sampel yang akan di periksa (mie basah & somay);2) Masing-masing sampel dihaluskan terlebih dahulu menggunakan mortal;3) Tambahkan sedikit air agar sampel menjadi lebih halus atau menjadi homogen dengan air;4) Kemudian tuangkan masing-masing sampel ke dalam cawan petri;5) Ambil air yang telah homogen dengan sampel menggunakan spet sebanyak 1 ml; (note : Tanpa ada padatnya)6) Kemudian masukkan kedalam tabung reaksi;7) Lalu tambahkan 3 – 5 tetes pereaksi I formalin ke dalam tabung reaksi tersebut secara hati – hati tetes demi tetes dan segera tutup botolnya;8) Tambahkan pereaksi II formalin \pm 1 mg (dengan menggunakan ujung stik yang telah tersedia) kedalam tabung dan kocok hingga homogen; (jangan tersentuh tangan)9) Tutup tabung menggunakan kapas dan diamkan selama 5 menit;10) Jika hasilnya positif, sampel akan berubah warnanya menjadi ungu kebiruan.	

b. Pemeriksaan Rhodamin – B

Beberapa sifat berbahaya dari Rhodamin B seperti menyebabkan iritasi bila terkena mata, menyebabkan kulit iritasi dan kemerahan bila terkena kulit hampir mirip dengan sifat dari Klorin. Penyebab lain senyawa ini begitu berbahaya jika dikonsumsi adalah senyawa tersebut adalah senyawa yang radikal. Pemeriksaannya dilakukan dengan cara sebagai berikut :

1.) Alat a. Cawan petri b. Spet c. Mortal d. Pipet tetes e. Tabung reaksi & rak tabung reaksi	2.) Bahan 1. Pereaksi Rhodamin - B (Test kit) 2. Sampel a. Sirup merah cap bintang b. Kue kukus dengan warna merah terang 3. Air mineral 4. Kapas
3.) Cara kerja 5. Siapkan sampel yang akan di periksa (sirup merah dan kue kukus warna merah terang . 6. Sampel padat dihaluskan terlebih dahulu menggunakan mortal 7. Tambahkan sedikit air agar sampel menjadi lebih halus atau menjadi homogen dengan air; 8. Kemudian tuangkan masing-masing sampel ke dalam cawan petri; 9. Ambil air yang telah homogen dengan sampel menggunakan spet sebanyak 1 ml(note : Tanpa ada padatnya). 10. Kemudian masukkan kedalam tabung reaksi; 11. Lalu tambahkan 10 – 20 tetes pereaksi I rhodamin - b ke dalam tabung reaksi tersebut secara hati – hati tetes demi tetes dan segera tutup botolnya. 12. Setelah itu tambahkan 5 tetes pereaksi II rhodamin – b. 13. Kemudian tambahkan 10 – 20 tetes pereaksi III rhodamin-b (gunakan pipet tetes yang ada). 14. Dikocok dengan hati – hati, jika terbentuk warna ungu (violet) pada lapisan atas, sampel positif mengandung rhodamin – b.	

c. Pemeriksaan Methanil Yellow

<p>1) Alat</p> <ul style="list-style-type: none"> a. Cawan petri b. Spet c. Tabung reaksi dan rak tabung reaksi 	<p>2) Bahan</p> <ul style="list-style-type: none"> a. Pereaksi methanol b. Sampel
<p>3) Cara kerja</p> <ul style="list-style-type: none"> a. Siapkan sampel yang akan di periksa b. Kemudian tuang sampel ke dalam cawan petri c. Ambil sampel menggunakan spet sebanyak 1 ml d. Lalu masukkan ke dalam tabung reaksi e. Tambahkan pereaksi methanol yellow tetes demi tetes secara hati-hati, setelah itu tutup botolnya. f. Kocok secara hati-hati, amati perubahan yang terjadi g. Jika berbentuk warna violet kecokelatan, sampel positif mengandung methanol yellow. 	

BAHAN TAMBAHAN MAKANAN

PENDAHULUAN

Bahan Tambahan makanan (BTM) adalah bahan atau campuran bahan yang secara alami bukan merupakan bagian dari bahan baku pangan, tetapi ditambahkan kedalam pangan untuk mempengaruhi sifat atau bentuk pangan, antara lain bahan pewarna, pengawet, penyedap rasa, anti gumpal, pemucat dan pengental.

Bahan Tambahan makanan atau aditif makanan juga diartikan sebagai bahan yang ditambahkan dan dicampurkan sewaktu pengolahan makanan untuk meningkatkan mutu. Pada umumnya bahan tambahan pangan dapat dibagi menjadi dua bagian besar, yaitu aditif sengaja dan aditif tidak sengaja. Aditif sengaja adalah aditif yang diberikan dengan sengaja dengan maksud dan tujuan tertentu, misalnya untuk meningkatkan konsistensi, nilai gizi, cita rasa, mengendalikan keasaman atau kebasaan, memantapkan bentuk dan rupa, dan lainnya. Sedangkan aditif yang tidak sengaja adalah aditif yang terdapat dalam makanan dalam jumlah sangat kecil sebagai akibat dari proses pengolahan. Bila dilihat dari asalnya, aditif dapat berasal dari sumber alamiah (misalnya lesitin) dan dapat juga disintesis dari bahan kimia yang mempunyai sifat serupa benar dengan bahan alamiah yang sejenis, baik dari susunan kimia maupun sifat metabolismenya (misal asam askorbat).

Dalam Peraturan Menteri Kesehatan RI No. 722/Menkes/Per/IX/88 dijelaskan bahwa BTM adalah bahan yang biasanya tidak digunakan sebagai pangan dan biasanya bukan merupakan ingredien khas pangan, mempunyai atau tidak mempunyai nilai gizi, yang dengan sengaja ditambahkan kedalam pangan untuk maksud teknologi pada pembuatan, pengolahan, pengepakan, pengemasan, penyimpanan atau pengangkutan pangan untuk menghasilkan suatu komponen atau mempengaruhi sifat khas pangan tersebut.

Dalam kehidupan sehari-hari BTM sudah digunakan secara umum oleh masyarakat, termasuk dalam pembuatan pangan jajanan. Masih banyak produsen pangan yang menggunakan bahan tambahan yang beracun atau berbahaya bagi kesehatan yang sebenarnya tidak boleh digunakan dalam pangan.

Penyimpanan atau pelanggaran mengenai penggunaan BTM yang sering dilakukan oleh produsen pangan yaitu :

1. Menggunakan bahan tambahan yang dilarang penggunaannya untuk pangan.
2. Menggunakan BTM melebihi dosis yang diizinkan.

Penggunaan bahan tambahan yang beracun atau BTM yang melebihi batas akan membahayakan kesehatan masyarakat dan berbahaya bagi pertumbuhan generasi yang akan datang. Oleh karena itu produsen pangan perlu mengetahui sifat-sifat dan keamanan penggunaan BTM serta mengetahui peraturan-peraturan yang telah dikeluarkan oleh pemerintah mengenai penggunaan BTM.

Secara khusus penggunaan BTM di dalam pangan adalah untuk :

- 1 Mengawetkan pangan dengan mencegah pertumbuhan mikroba perusak pangan atau mencegah terjadinya reaksi kimia yang dapat menurunkan mutu pangan.
- 2 Membentuk pangan menjadi lebih baik, renyah dan lebih enak dimulut.
- 3 Memberikan warna dan aroma yang lebih menarik sehingga menambah selera.
- 4 Meningkatkan kualitas pangan.
- 5 Menghemat biaya.

Penggolongan BTM

Penggolongan BTM yang diizinkan digunakan pada pangan menurut Peraturan Menteri Kesehatan RI No. 722/Menkes/Per/IX/88 adalah sebagai berikut :

- 1 Pewarna, yaitu BTM yang dapat memperbaiki atau memberi warna pada pangan.
- 2 Pemanis buatan, yaitu BTM yang dapat menyebabkan rasa manis pada pangan, yang tidak atau hampir tidak mempunyai nilai gizi.
- 3 Pengawet, yaitu BTM yang dapat mencegah atau menghambat fermentasi, pengasaman atau perusakan lain pada pangan yang disebabkan oleh pertumbuhan mikroba.
- 4 Antioksidan, yaitu BTM yang dapat mencegah atau menghambat proses oksidasi

lemak sehingga mencegah terjadinya ketengikan.

- 5 Antikempal, yaitu BTM yang dapat mencegah mengempalnya (menggumpalnya) pangan yang berupa serbuk seperti tepung atau bubuk.
- 6 Penyedapa rasa dan aroma, menguatkan rasa, yaitu BTM yang dapat memberikan, menambah atau mempertegas rasa aroma.
- 7 Pengatur keasaman (pengasam, penetral dan pendapar) yaitu BTM yang dapat mengasamkan, menetralkan dan mempertahankan derajat keasaman pangan.
- 8 Pemutih dan pematang tepung, yaitu BTM yang dapat mempercepat proses pemutihan dan atau pematang tepung sehingga dapat memperbaiki mutu pemanggangan.
- 9 Pengemulsi, pemantap dan pengental yaitu BTM yang dapat membantu terbentuknya dan memantapkan sistem dispersi yang homogen pada pangan.
- 10 Pengeras, yaitu BTM yang dapat memperkeras atau mencegah melunaknya pangan.
- 11 Sekuestran, yaitu BTM yang dapat mengikat ion logam yang ada dalam pangan, sehingga memantapkan warna, aroma dan tekstur.

Selain BTM yang tercantum dalam Peraturan Menteri tersebut, masih ada beberapa BTM lainnya yang biasa digunakan dalam pangan, misalnya:

- 1 Enzim, yaitu BTM yang berasal dari hewan, tanaman atau mikroba, yang dapat menguraikan secara enzimatis, misalnya membuat pangan menjadi lebih empuk, lebih larut dan lain-lain.
- 2 Penambah gizi, yaitu bahan tambahan berupa asam amino, mineral atau vitamin, baik tunggal maupun campuran, yang dapat meningkatkan nilai gizi pangan.
- 3 Humektan, yaitu BTM yang dapat menyerap lembab (uap air) sehingga mempertahankan kadar air pangan.

Sifat, Kegunaan dan Keamanan BTM

1. Pewarnaan

Penambahan bahan pewarna pada pangan dilakukan untuk beberapa tujuan yaitu :

- a Memberi kesan menarik bagi konsumen

- b Menyeragamkan warna pangan
- c Menstabilkan warna
- d Menutupi perubahan warna selama proses pengolahan
- e Mengatasi perubahan warna selama penyimpanan

Beberapa pewarna alami yang diizinkan dalam pangan menurut Peraturan Menteri Kesehatan RI No. 772/Menkes/RI/Per/IX/88 diantaranya adalah :

- 1 Karamel, yaitu pewarna alami berwarna coklat yang dapat digunakan untuk mewarnai jem/jeli (200 mg/kg), acar ketimun dalam botol (300 mg/kg), dan yogurt beraroma (150 mg/kg).
- 2 Beta-karoten, yaitu pewarna alami berwarna merah-orange yang dapat digunakan untuk mewarnai acar ketimun dalam botol (300 mg/kg), es krim (100 mg/kg), keju (600 mg/kg), lemak dan minyak makan (secukupnya).
- 3 Kurkumin, yaitu pewarna alami berwarna kuning-orange yang dapat digunakan untuk mewarnai es krim dan sejenisnya (50 mg/kg), atau lemak dan minyak makan (secukupnya).

2. Pemanis Buatan

Zat pemanis sintetis adalah zat yang dapat menimbulkan rasa manis atau dapat membantu mempertajam penerimaan terhadap rasa manis tersebut, sedang kalori yang dihasilkan jauh lebih rendah daripada gula. Hanya beberapa zat pemanis sintetis yang boleh dipakai dalam makanan. Mula-mula garam Na – dan Ca – siklamat dengan kemanisan 30x sukrosa digunakan sebagai pemanis. Di Amerika Serikat penggunaannya dilarang (karsinogen), namun di Indonesia masih diijinkan. Metabolisme siklamat yaitu sikloheksamina merupakan senyawa karsinogenik, pembuangannya melalui urine dapat merangsang tumor kandung kemih pada tikus. Namun uji ulang pada beberapa galur tikus dan hamster menunjukkan hasil negatif.

Pemanis buatan sering ditambahkan kedalam pangan dan minuman sebagai pengganti gula karena mempunyai kelebihan dibandingkan dengan pemanis alami (gula), yaitu :

- 1 Rasanya lebih manis.
- 2 Membantu mempertajam penerimaan terhadap rasa manis.

3 Tidak mengandung kalori atau mengandung kalori yang jauh lebih rendah sehingga cocok untuk penderita penyakit gula (diabetes).

4 Harganya lebih murah.

Pemanis buatan yang paling umum digunakan dalam pengolahan pangan di Indonesia adalah siklambat dan sakarin yang mempunyai tingkat kemanisan masing-masing 30-80 dan 300 kali gula alami.

Menurut Peraturan Menteri Kesehatan No. 722/Menkes/Per/IX/88, sebenarnya siklambat dan sakarin hanya boleh digunakan dalam pangan yang khusus ditunjukkan untuk orang yang menderita diabetes atau sedang menjalani diet kalori.

Batas maksimum penggunaan siklambat adalah 300 mg – 3g/kg bahan, sedangkan batas maksimum penggunaan sakarin adalah 50 – 300 mg/kg bahan. Keduanya hanya boleh digunakan untuk pangan rendah kalori, dan dibatasi tingkat konsumsinya sebesar 0,5 mg/kg berat badan/hari.

3. Pengawet

Bahan pengawet umumnya digunakan untuk mengawetkan pangan yang mempunyai sifat mudah rusak. Bahan ini dapat menghambat atau memperlambat proses fermentasi, pengasaman atau peruraian yang disebabkan oleh mikroba. Tetapi tidak jarang produsen menggunakannya pada pangan yang relatif awet dengan tujuan untuk memperpanjang masa simpan atau memperbaiki tekstur.

Pengawet yang banyak dijual dipasaran dan digunakan untuk mengawetkan berbagai pangan adalah benzoat, yang umumnya terdapat dalam natrium benzoat atau kalium benzoat yang bersifat lebih mudah larut. Benzoat sering digunakan untuk mengawetkan berbagai pangan dan minuman seperti sari buah, minuman ringan, saus tomat, saus sambal, jem dan jeli, manisan, kecap dan lain-lain.

Zat pengawet terdiri dari zat pengawet organik dan anorganik dalam bentuk asam dan garamnya.

1. Zat pengawet organik

Zat pengawet organik lebih banyak dipakai daripada anorganik karena bahan ini lebih mudah dibuat. Zat kimia yang sering dipakai sebagai bahan pengawet ialah asam sorbat, asam propionat, asam benzoat, asam asetat, dan epoksida.

Asam askorbat terutama digunakan untuk mencegah pertumbuhan kapang dan bakteri dengan jalan mencegah kerja enzim dehidrogenase terhadap asam lemak. Struktur α - diena pada asam sorbat dapat mencegah oksidasi asam lemak. Sorbat aktif pada pH diatas 6.5 dan keaktifannya menurun dengan meningkatnya pH. Bentuk yang digunakan umumnya adalah garam Na – dan K – sorbat.

Asam propionat ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH}$) dengan struktur yang terdiri tiga atom karbon tidak dapat dimetabolime mikroba. Propionat yang digunakan adalah garam . Na– dan Ca –nya, dan bentuk efektifnya adalah bentuk molekul tak terdisosiasi. Propionat efektif terhadap kapang dan beberapa khamir pada pH diatas 5.

Asam benzoat ($\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}$)digunakan untuk mencegah pertumbuhan kamir dan bakteri (efektif pH 2.4 – 4.0). karena kelarutan garamnya lebih besar, maka yang biasa digunakan adalah bentuk garam Na – benzoat. Sedangkan dalam bahan garam benzoat terurai menjadi bentuk efektif, yaitu bentuk asam benzoat yang tak terdisosiasi. Asam benzoat secara alami terdapat pada cengkeh dan kayu manis. Dalam tubuh terdapat mekanisme detoksifikasi terhadap asam benzoat, sehingga tidak terjadi penumpukan asam benzoat.

Cuka adalah larutan 4% asam asetat dalam air dan sering digunakan sebagai bahan pengawet dalam roti untuk mencegah pertumbuhan kapang (aktivitas lebih besar pada pH rendah). Epoksida seperti etilen oksida dan propilen oksida bersifat membunuh semua mikroba termasuk spora dan virus. Mekanisme epoksida tidak diketahui, tetapi diduga gugus hidroksil etil mengadakan reaksi alkilasi terhadap senyawa antara yang esensial bagi pertumbuhan mikroba sehingga merusak sistem metabolismenya. Etilen dan propilen oksida digunakan sebagai fumigan bahan kering seperti rempah-rempah, tepung dan lainnya. Etilen oksida lebih efektif dibanding dengan propilen oksida, tapi etilen oksida lebih mudah menguap, terbakar, dan meledak, karena itu biasanya diencerkan dengan senyawa lain membentuk campuran 10% etilen oksida dengan 90% CO_2 .

2. Zat pengawet anorganik

Zat pengawet anorganik yang masih sering dipakai adalah sulfit, nitrat, dan nitrit. Sulfit digunakan dalam bentuk gas SO_2 , garam Na, atau K – sulfit, bisulfit

dan metabisulfit. Bentuk efektifnya sebagai pengawet adalah asam sulfit tak terdisosiasi (terutama terbentuk pada pH di bawah 3). Molekul sulfit mudah menembus dinding sel mikroba bereaksi dengan asetaldehida membentuk senyawa yang tidak dapat difermentasi mikroba, mereduksi ikatan disulfida enzim, dan bereaksi dengan keton membentuk hidrosulfonat yang dapat menghambat mekanisme pernafasan. Sulfit juga dapat bereaksi dengan gugus karbonil dan hasilnya mengikat melanoidin. sehingga mencegah timbulnya warna coklat. Sulfur dioksida juga dapat berfungsi sebagai antioksidan dan meningkatkan daya kembang terigu.

Garam nitrit dan nitrat biasa digunakan untuk *curing* daging untuk memperoleh warna yang baik dan mencegah pertumbuhan mikroba. Diduga nitrit bereaksi dengan gugus sulfhidril dan membentuk senyawa yang tidak dapat dimetabolisme mikroba dalam keadaan anaerob. Sedangkan garam nitrat peranannya sebagai pengawet masih dipertanyakan. Namun dalam proses *curing* garam nitrat ditambahkan untuk mencegah pembentukan nitrooksida (nitrooksida dengan pigmen daging membentuk nitrosomioglobin berwarna merah cerah). Garam nitrat ini akan tereduksi oleh bakteri nitrat menghasilkan nitrit.

Natrium nitrit sebagai pengawet dan mempertahankan warna daging dan ikan ternyata menimbulkan efek membahayakan kesehatan. Nitrit berikatan dengan amino atau amida membentuk turunan nitrosamin yang bersifat toksin. Nitrosoamina ini dapat menimbulkan kanker pada hewan. Reaksi pembentukan nitrosamin dalam pengolahan atau dalam perut yang bersuasana asam adalah sebagai berikut:



(Amin sekunder misal: pirolidina)



Nitrosoamina (karsinogenik)

4. Penyebab Rasa dan Aroma, Penguat Rasa

Salah satu penyedap rasa dan aroma yang dikenal luas di Indonesia adalah vetsin atau bumbu masak, dan terdapat dengan berbagai merek dipasaran. Penyedap rasa tersebut mengandung senyawa yang disebut monosodium glutamat

(MSG). Peranan asam glutamat sangat penting, diantaranya untuk merangsang dan menghantar sinyal-sinyal antar sel otak. Dalam peraturan Menteri Kesehatan RI No. 772/Menkes/Per/IX/88, penggunaan MSG dibatasi secukupnya, yang berarti tidak boleh berlebihan.

5. Pengemulsi, Pemantap dan Pengental

Fungsi dari pengemulsi, pemantap dan pengental dalam pangan adalah untuk memantapkan emulsi dari lemak dan air sehingga produk tetap stabil, tidak meleleh, tidak terpisah antara bagian lemak dan air serta mempunyai tekstur yang kompak. Jenis pangan yang sering menggunakan BTP semacam ini adalah es krim, es puter, saus sardin, jem, jeli, sirup dan lain-lain. Bahan-bahan pengemulsi, pemantap dan penstabil yang diizinkan digunakan dalam pangan dapat dilihat pada Tabel 3.

6. Antioksidan

Antioksidan adalah BTP yang digunakan untuk mencegah terjadinya ketengikan pada pangan akibat proses oksidasi lemak atau minyak yang terdapat didalam pangan. Bahan-bahan yang sering ditambahkan antioksidan adalah lemak dan minyak, mentega, margarin, daging olahan/awetan, ikan beku, ikan asin dan lain-lain. Bahan antioksidan yang diizinkan digunakan dalam pangan dapat dilihat.

7. Pengatur Keasaman (Pengasam, Penetral dan Pendapar)

Fungsi pengatur pengasaman pada pangan adalah untuk membuat pangan menjadi lebih asam, lebih basa, atau menetralkan pangan. Pengatur keasaman mungkin ditambahkan langsung kedalam pangan, tetapi seringkali terdapat didalam

Asidulan merupakan senyawa kimia yang bersifat asam yang ditambahkan pada proses pengolahan makanan dengan berbagai tujuan. Asidulan dapat bertindak sebagai penegas rasa dan warna atau menyelubungi *after taste* yang tidak disukai. Sifat asam senyawa ini dapat mencegah pertumbuhan mikroba dan bertindak sebagai bahan pengawet. Kemudian pH rendah buffer yang dihasilkannya mempermudah proses pengolahan. Bahan ini bersifat sinergis terhadap antioksidan dalam mencegah ketengikan dan *browning*.

Asam kadang-kadang ditambahkan pada buah-buahan dan sayuran yang pH-nya sedang dengan tujuan menurunkan pH sampai di bawah 4.5. Dengan penurunan pH ini maka suhu sterilisasi yang dibutuhkan juga akan lebih rendah dan kemungkinan tumbuhnya mikroba berbahaya akan lebih kecil.

Garam asam kalium tartrat digunakan dalam pembuatan kembang gula dan coklat untuk mengurangi hidrolisis atau inversi sukrosa. Dengan adanya gula pereduksi yang rasanya lebih manis tersebut pembentukan kristal sukrosa akan terhambat.

8. Anti Kempal atau Anti Kerak (*Anti Craking Agent*)

Anti kempal biasa ditambahkan kedalam pangan yang berbentuk tepung atau bubuk. Oleh karena itu peranannya didalam pangan tidak secara langsung, tetapi terdapat didalam bahan-bahan yang digunakan untuk membuat pangan seperti susu bubuk, tepung terigu, gula pasir dan sebagainya. Beberapa bahan anti kempal yang diizinkan untuk pangan.

ANALISIS BAHAN TAMBAHAN MAKANAN DALAM MAKANAN

PENDAHULUAN

Setiap manusia membutuhkan makan untuk kelangsungan hidupnya. Makanan tersebut diperlukan baik untuk pertumbuhan fisik, menambah energi maupun meningkatkan daya tahan tubuh. Oleh karena itu makanan, agar makanan dapat berfungsi dengan baik, maka diperlukan berbagai syarat agar memenuhi kriteria seperti yang diharapkan. Selain makanan harus mengandung zat gizi (lemak, protein, karbohidrat, mineral dan vitamin) makanan harus baik dan yang tidak kalah penting untuk diperhatikan adalah bahwa makanan harus aman dikonsumsi.

Dalam bahan pangan sering kali terdapat senyawa-senyawa kimia yang tidak mempunyai nilai-nilai nutrisi. Adanya senyawa-senyawa kimia tersebut selalu di hubungan dengan sifat-sifat yang tidak diinginkan dan kadang-kadang beracun sehingga membahayakan kesehatan manusia yang mengkonsumsinya. Senyawa – senyawa kimia tersebut terdapat dalam macam-macam bentuk, dari garam anorganik yang sederhana sampai ke molekul yang besar dan kompleks. Bahaya yang ditimbulkan dapat berupa bahaya keracunan yang akut atau bersifat menahun dan dapat menyebabkan perubahan sifat (mutagen).

Secara garis besar senyawa beracun dalam bahan makanan dapat digolongkan menjadi tiga golongan : Senyawa beracun alamiah, senyawa beracun dari mikroba dan senyawa beracun oleh pencemaran.

Senyawa Beracun Alamiah

Berbagai macam bahan makanan baik hewni maupun nabati, seringkali secara alamiah mengandung senyawa yang bersifat racun. Senyawa beracun dapat menimbulkan keracunan akut pada umumnya sudah dikenal oleh masyarakat, seperti singkong (mengandung HCN), biji bengkuang (pakirizida), jengkol (asam

jengkolat), disamping itu ada beberapa senyawa beracun pada ikannya buntal, beberapa jenis kerang dan udang. Kandungan senyawa beracun bervariasi menurut jenis dan varietas bahan asal.

Alkaloid Dalam Kentang

Racun alami yang dikandung kentang termasuk dalam golongan glikoalkoid dengan dua macam racun utama yaitu solonin dan chaconine. Biasanya racun yang dikandung oleh kentang berkadar rendah dan tidak menimbulkan efek yang merugikan bagi manusia. Meskipun demikian, kentang yang berwarna hijau, bruntis dan secara fisik telah rusak atau membusuk dapat menyebabkan glikoalkoid dalam kadar yang tinggi.

Hidrogen sianida

Kandungan sianida dalam singkong sangat bervariasi. Kadar sianida rata-rata dalam singkong manis dibawah 50mg/kg berat asal, sedangkan singkong pahit atau racun diatas 50mg/kg, menurut FAO, singkong dengan kadar 50mg/kg masih aman untuk dikonsumsi.

Kafein

Kopi dan teh mengandung kafein yaitu senyawa yang pahit rasanya. Kafein bersifat diuretik. Merangsang kelenjar pengeluaran urin, merangsang kerja otak dan aktivitas jantung. Jika konsumsi tidak berlebihan, kafein memberikan kontribusi yang positif seperti badan terasa lebih segar menghilangkan rasa ngantuk. Jika melebihi ambang batas, konsumsi teh akan berakibat sukar tidur, jantung berdebar.

Asam Jengkolat

Racun asam jengkolat ini terdapat pada biji jengkol. Gangguan kesehatan disebabkan terbentuknya kristal asam jengkolat yang dapat menyumbat aliran air seni.

Pakirizida

Biji bengkuang mengandung zat racun yang mempunyai daya narkotik terhadap susunan saraf pusat. Kematian dapat terjadi akibat kelumpuhan dengan pernafasan.

Saponin

Saponin adalah glikosida dalam tanaman dan terdiri atas gugus nogenin (steroid; C7) atau triterpenoid (Co), gugus heksosa, pentosa, asam uronat. Senyawa ini mempunyai rasa pahit dan berbusa bila dilarutkan. Saponin dapat menyebabkan hemolisis sel darah merah, sangat beracun terhadap hewan berdarah dingin, sedangkan terhadap hewan berdarah panas daya toksisitasnya berbeda-beda.

Goitrogen

Goitrogen adalah dalam tanaman tioglikosida yang bersifat antitiroid yang terdapat terdapat dalam tanaman familia Coniferae. Adanya senyawa ini menimbulkan rasa pedas pada beberapa tanaman. Tioglikosida yang terdapat dalam tanaman berikatan dengan enzim. Enzim ini akan menghidrolisis glikosida menghasilkan glukosa dan bisulfat.

Gosipol

Biji kapas mengandung 0,4 - 1,7% pigmen gosipol dan pigmen lain yang serupa. Senyawa gosipol ini sangat reaktif dan menyebabkan gejala-gejala keracunan pada hewan peliharaan maupun hewan percobaan. Adanya gosipol dalam biji kapas akan menurunkan nilai nutrisi tepung biji kapas yang merupakan sumber protein nabati.

Senyawa Racun dari Mikroba

Sebelum membahas senyawa racun dari mikroba, perlu terlebih dahulu dipahami dua istilah yang mirip pengertiannya, yaitu infeksi dan keracunan. Infeksi adalah suatu istilah yang digunakan bila seseorang setelah mengkonsumsi makanan atau minuman yang mengandung bakteri patogen mendapat gejala-gejala penyakit. Keracunan yang disebut juga intoksikasi disebabkan

mengonsumsi makanan yang telah mengandung senyawa beracun yang diproduksi oleh mikroba, baik bakteri maupun kapang. Di bawah ini yang akan disajikan hanya masalah intoksikasi saja. Beberapa senyawa racun yang dapat menyebabkan intoksikasi adalah bakteri *Clostridium botulinum*, *Staphylococcus aureus*, dan *Pseudomonas cocovenenans*. Sedang dari kapang, biasanya disebut mikotoksin yaitu *Aspergillus flavus*, *Penicillium sp.* dan lain sebagainya.

Clostridium botulinum

Senyawa beracun yang diproduksi *Clostridium botulinum* disebut botulinin dan keracunan yang ditimbulkan akibat mengonsumsi makanan yang mengandung botulinum disebut botulisme. Botulinum merupakan neurotoksin yang sangat berbahaya bagi manusia dan sering kali akut dan menyebabkan kematian.

Pseudomonas cocovenenans

Senyawa beracun yang dapat diproduksi oleh *Pseudomonas cocovenenans* adalah toksoflavin dan asam bongkrek. Kedua senyawa beracun tersebut diproduksi dalam jenis makanan yang disebut tempe bongkrek, suatu tempe yang dibuat dengan bahan utama ampas kelapa. Pada umumnya tempe bongkrek yang jadi atau berhasil dengan baik (kompak dan putih warnanya) hanya ditumbuhi kapang tempe *Rhizopus oligosporus*, tetapi tempe yang gagal dan rapuh di samping *R. oligosporus* biasanya juga tumbuh sejenis bakteri yang disebut *Pseudomonas cocovenenans*.

1. Penggolongan Bahan Tambahan Makanan

Berdasarkan fungsinya, menurut peraturan Menkes No. 235 tahun 1979, BTM dapat dikelompokkan menjadi 14 yaitu : Antioksidan; Antikempal; Pengasam, penetral; Enzim; Pemanis buatan; Pemutih dan pematang; Penambah gizi; Pengawet; Pengemulsi, pemantap dan pengental; Peneras; Pewarna sintetis dan alami; Penyedap rasa dan aroma, Sekuestran; dll. BTM dikelompokkan berdasarkan tujuan penggunaannya di dalam pangan.

Pengelompokkan BTM yang diizinkan digunakan pada makanan dapat digolongkan sebagai : Pewarna; Pemanis buatan; Pengawet; Antioksidan;

Antikempal; Penyedap dan penguat rasa serta aroma; Pengatur keasaman; Pemutih dan pematang tepung; Pengemulsi; Pemantap dan pengental; Pengeras, Sekuestran, Humektan, Enzim dan Penambah gizi. Penggolongan BTM yang diizinkan digunakan pada pangan menurut Peraturan Menteri Kesehatan RI No. 722/Menkes/Per/IX/88 adalah sebagai berikut :

1. Pewarna, yaitu BTM yang dapat memperbaiki atau memberi warna pada pangan.
2. Pemanis buatan, yaitu BTM yang dapat menyebabkan rasa manis pada pangan, yang tidak atau hampir tidak mempunyai nilai gizi.
3. Pengawet, yaitu BTM yang dapat mencegah atau menghambat fermentasi, pengasaman atau peruaian lain pada pangan yang disebabkan oleh pertumbuhan mikroba.
4. Antioksidan, yaitu BTM yang dapat mencegah atau menghambat proses oksidasi lemak sehingga mencegah terjadinya ketengikan.
5. Antikempal, yaitu BTM yang dapat mencegah mengempalnya (menggumpalnya) pangan yang berupa serbuk seperti tepung atau bubuk.
6. Penyedapa rasa dan aroma, menguatkan rasa, yaitu BTM yang dapat memberikan, menambah atau mempertegas rasa aroma
7. Pengatur keasaman (pengasam, penetral dan pendapar) yaitu BTM yang dapat mengasamkan, menetralkan dan mempertahankan derajat keasaman pangan.
8. Pemutih dan pematang tepung, yaitu BTM yang dapat mempercepat proses pemutihan dan atau pematang tepung sehingga dapat memperbaiki mutu pemanggangan.
9. Pengemulsi, pemantap dan pengental yaitu BTM yang dapat membantu terbentuknya dan memantapkan sistem dispersi yang homogen pada pangan.
10. Pengeras, yaitu BTM yang dapat memperkeras atau mencegah melunaknya pangan.
11. Sekuestran, yaitu BTM yang dapat mengikat ion logam yang ada dalam pangan, sehingga memantapkan aroma tekstur.

Menurut Permenkes RI No. 722/MenKes/Per/IX/88 BTM yang banyak beredar dan digunakan masyarakat namun pada dasarnya dilarang penggunaannya, diantaranya:

- 1. Formalin (formaldehid)**
- 2. Natrium tetraborat (boraks)**
- 3. Kloramfenikol**
- 4. Kalium klorat**
- 5. Nitrofurazon**
- 6. Asam salisilat dan garamnya**
- 7. Minyak nabati yang dibrominasi**
- 8. Diethylpirokarbonat**
- 9. P- Phenitilkarbamida**

Sedangkan menurut Peraturan Menteri Kesehatan RI No 1168/MenKes/PER/X/1999, beberapa bahan kimia yang dilarang penggunaannya sebagai BTM, seperti: rhodamin B (pewarna merah), methanyl yellow (pewarna kuning), dulsin (pemanis sintetis) dan potassium bromat (pengeras)

Asam borat atau Boraks (boric acid) merupakan zat pengawet berbahaya yang tidak diizinkan digunakan sebagai campuran bahan makanan. Boraks adalah senyawa berbentuk kristal putih, tidak berbau, dan stabil pada suhu dan tekanan normal. Dalam air, boraks berubah menjadi natrium hidroksida dan asam borat. Boraks umumnya digunakan dalam pembuatan gelas dan enamel, sebagai pengawet kayu, dan pembasmi kecoa. Boraks ini sering disalah gunakan untuk dicampurkan dalam pembuatan baso, tahu, ikan asin, mie dll.

Boraks bersifat iritan dan racun bagi sel-sel tubuh, berbahaya bagi susunan saraf pusat, ginjal dan hati. Jika tertelan dapat menimbulkan kerusakan pada usus,

otak atau ginjal. Kalau digunakan berulang-ulang serta kumulatif akan tertimbun dalam otak, hati dan jaringan lemak. Asam boraks ini akan menyerang sistem saraf pusat dan menimbulkan gejala kerusakan seperti rasa mual, muntah, diare, kejang perut, iritasi kulit dan jaringan lemak, gangguan peredaran darah, kejangkejang akibatnya koma, bahkan kematian dapat terjadi karena ada gangguan sistem sirkulasi darah.

Asam salisilat sering disebut aspirin. Aspirin bersifat analgetik dan anti-inflamasi. Penelitian telah menunjukkan bahwa aspirin dapat mengurangi jumlah asam folat dalam darah, meskipun kepastian perubahan belum terbukti. Asam salisilat (ortho-Hydroxybenzoik acid) dapat mencegah terjadinya penjamuran pada buah dan telah digunakan dalam pabrik cuka. Namun, penggunaan asam salisilat sebagai pengawet makanan seperti yang diatur Pemerintah Amerika pada tahun 1904 disalahgunakan untuk pengawet makanan pada produsen-produsen makanan yang nakal.

Asam salisilat dilarang digunakan sebagai bahan pengawet makanan di Indonesia. Pasalnya, asam salisilat memiliki iritasi kuat ketika terhirup atau tertelan. Bahkan ketika ditambah air, asam salisilat tetap memberikan gangguan kesehatan pada tubuh karena dapat menyebabkan nyeri, mual, dan muntah jika tertelan. Pada sebuah survei terhadap sup sayuran, disebutkan bahwa sup sayuran nonorganik mengandung asam salisilat hampir enam kali lipat ketimbang sup sayuran organik. Kandungan asam salisilat dalam tanaman secara alami berguna untuk tanaman bertahan dari serangan penyakit. Namun bila kandungan asam salisilat melebihi dan berlebihan masuk ke dalam tubuh, maka gangguan kesehatan dapat terjadi, misalnya terjadi pengerasan dinding pembuluh darah dan kanker saluran pencernaan.

Dietilpirokarbonat (DEP) termasuk di dalam bahan kimia karsinogenik mengandung unsur kimia $C_6H_{10}O_5$ adalah bahan kimia sintetis yg tdk ditemukan dlm produk-produk alami dan digunakan sebagai pencegah peragian pada minuman yang mengandung alkohol maupun minuman yang tidak beralkohol. DEP sering digunakan untuk susu dan produk susu, bir, jus jeruk dan minuman 8 buah-buahan lain sehingga minuman ini dapat bertahan lama. DEP apabila masuk

ke dalam tubuh dan terakumulasi dalam jangka panjang, dapat memicu timbulnya kanker. Dulsin adalah pemanis sintetik yang memiliki ras manis kira-kira 250 kali dari sukrosa atau gula tebu, yang tidak ditemukan pada produk-produk pemanis alami lainnya.

Dulsin telah diusulkan untuk digunakan sebagai pemanis tiruan. Dulsin ditarik total dari peredaran pada tahun 1954 setelah dilakukan pengujian dulsin pada hewan dan menampakkan sifat karsinogenik yang dapat memicu munculnya kanker.

Formalin merupakan zat pengawet terlarang yang paling banyak disalahgunakan untuk produk pangan. Zat ini termasuk bahan beracun dan berbahaya bagi kesehatan manusia. Jika kandungannya dalam tubuh tinggi, akan bereaksi secara kimia dengan hampir semua zat yang terdapat dalam sel sehingga menekan fungsi sel dan menyebabkan kematian sel yang menyebabkan keracunan pada tubuh. Formalin adalah larutan 37 persen formaldehida dalam air, yang biasanya mengandung 10 sampai 15 persen metanol untuk mencegah polimerasi. Formalin dapat dipakai sebagai bahan anti septik, disinfektan, dan bahan pengawet dalam biologi. Zat ini juga merupakan anggota paling sederhana dan kelompok aldehid dengan rumus kimia HCHO .

Kalium bromat (potasium bromat) digunakan untuk memperbaiki tepung yang dapat mengeraskan kue. Kalium bromat digunakan para pembuat roti maupun perusahaan pembuat roti untuk membantu proses pembuatan roti dalam oven dan menciptakan tekstur bentuk yang lebih bagus pada proses penyelesaian akhir produknya. bila digunakan dalam jumlah kecil, zat ini akan hilang selama pembakaran atau pemanasan. Bila terlalu banyak digunakan, sisas kalium bromat akan tetap banyak dalam roti. Kalium bromat dilarang pada beberapa negara karena dianggap sebagai karsinogen, pemicu kanker. The Centre for Science in the Public Interest (CPSI), sebuah lembaga advokasi nutrisi dan kesehatan terkemuka di Amerika Serikat.

1. Sifat, kegunaan dan keamanan bahan tambahan makanan

Pewarna

Bahan pangan akan menjadi berwarna jika ditambahkan zat pewarna ke dalamnya. Pewarna makanan adalah bahan tambahan makanan yang dapat memperbaiki warna makanan yang berubah atau menjadi pucat selama proses pengolahan atau untuk memberi warna pada makanan yang tidak berwarna agar terlihat lebih menarik (Winarno, 1994). Berbagai jenis pangan dan minuman yang beredar di Indonesia, baik secara sengaja maupun tidak sengaja telah diwarnai dengan pewarna tekstil atau pewarna yang bukan food grade, yang tidak diijinkan digunakan dalam bahan pangan (Cahyadi, 2009). Zat warna alami adalah zat warna (pigmen) yang diperoleh dari tumbuhan, hewan, atau dari sumber-sumber mineral. Zat warna ini telah sejak dahulu digunakan untuk pewarna makanan dan sampai sekarang umumnya penggunaannya dianggap lebih aman daripada zat warna sintetis. Warna pada makanan mempunyai tempat tersendiri yang cukup penting dalam penilaian konsumen. Hasil suatu penelitian menunjukkan bahwa warna untuk makanan menempati urutan kedua setelah kesegaran makanan. Selanjutnya baru diikuti oleh bau, rasa, komposisi, nilai gizi dan seterusnya. Meskipun nilai gizi makanan merupakan faktor yang amat penting, dalam kenyataannya daya tarik suatu jenis makanan lebih dipengaruhi oleh penampakan, bau dan rasanya. Warna, sebagai salah satu sifat penampakan, merupakan bagian integral dari kehidupan sehari-hari.

Pada masa kini pewarna makanan pada umumnya digunakan dengan tujuan-tujuan sebagai berikut :

1. Memperbaiki penampakan dari makanan yang warnanya memudar akibat proses termal atau yang warnanya diperkirakan akan menjadi pudar selama penyimpanan, misalnya sayuran.
2. Memperoleh warna yang seragam pada komoditi yang warna alamiahnya tidak seragam. Dengan penambahan pewarna diharapkan penampakan produk tersebut akan lebih seragam dengan demikian penerimaan produk tersebut oleh konsumen juga akan lebih mantap. Contoh : pewarnaan kulit jeruk.
3. Memperoleh warna yang lebih tua dari aslinya. Misalnya pada produk-produk seperti 10 minuman ringan dan yogurt yang diberi tambahan flavor tertentu

konsumen seringkali mengasosiasikan flavor tersebut dengan suatu warna yang khas.

4. Melindungi zat-zat flavor dan vitamin-vitamin yang peka terhadap cahaya selama penyimpanan. Dalam hal ini pewarna tersebut berfungsi sebagai penyaring cahaya/tirai yang menghambat masuknya cahaya.

5. Memperoleh penampakan yang lebih menarik dari bahan aslinya, misalnya pewarnaan agar-agar.

6. Untuk identifikasi produk, misalnya margarin berwarna kuning.

7. Sebagai indikator visual untuk kualitas. Sehubungan dengan ini pewarna juga dapat digunakan sebagai alat bantu dalam proses pengolahan, penyimpanan dan pengawasan kualitas.

Penggunaan warna pangan yang aman telah diatur melalui peraturan Menteri Kesehatan RI No. 13 772/Menkes/Per/IX/88, yang mengatur mengenai pewarna yang dilarang digunakan dalam pangan, pewarna yang diizinkan serta batas penggunaannya, termasuk penggunaan bahan pewarna alami. Akan tetapi masih banyak produsen pangan, terutama pengusaha kecil yang menggunakan bahan-bahan pewarna yang dilarang dan berbahaya bagi kesehatan, misalnya pewarna untuk tekstil atau cat. Hal ini disebabkan pewarna tekstil atau cat umumnya mempunyai warna lebih cerah, lebih stabil selama penyimpanan serta harganya lebih murah dan produsen pangan belum mengetahui dan menyadari bahaya dari pewarna-pewarna tersebut.

Beberapa pewarna terlarang dan berbahaya yang sering ditemukan pada pangan, terutama pangan jajanan, adalah Metanil Yellow (kuning metanil) yang berwarna kuning, dan Rhodamin B yang berwarna merah. Bahan pewarna kuning dan merah tersebut sering digunakan dalam berbagai macam pangan seperti sirup, kue-kue, agar, tahu, pisang, tahu goreng, dan lain-lain. Kedua pewarna ini telah dibuktikan menyebabkan kanker yang gejalanya tidak dapat terlihat langsung setelah mengkonsumsi.

Oleh karena itu dilarang digunakan dalam pangan walaupun jumlahnya sedikit. Alternatif lain untuk menggantikan penggunaan pewarna sintesis adalah dengan menggunakan pewarna alami seperti ekstrak daun pandan atau daun suji,

kunyit dan ekstrak buahbuahan yang pada umumnya lebih aman. Penggunaan bahan pewarna alami juga ada batasnya sesuai dengan peraturan yang telah ditetapkan. Penggunaan bahan pewarna makanan sintetis dalam pangan walaupun mempunyai dampak positif, ternyata dapat memberikan dampak negatif terhadap kesehatan manusia. Beberapa hal yang mungkin memberi dampak negatif terjadi bila:

1. bahan peawrna sintetis dimakan dalam jumlah kecil namun berulang.
2. Bahan pewarna sintetis dimakan dalam jangka waktu lama
3. Penggunaan bahan pewarna sintetis secara berlebihan
4. Penyimpanan bahan pewarna sintetis oleh pedagang yang tidak memenuhi persyaratan

Pemanis Buatan

Zat pemanis sintetis adalah zat yang dapat menimbulkan rasa manis atau dapat membantu mempertajam penerimaan terhadap rasa manis tersebut, sedang kalori yang dihasilkan jauh lebih rendah daripada gula. Hanya beberapa zat pemanis sintetis yang boleh dipakai dalam makanan. Mula-mula garam Na – dan Ca – siklamat dengan kemanisan 30x sukrosa digunakan sebagai 16 pemanis. Di Amerika Serikat penggunaannya dilarang (karsinogen), namun di Indonesia masih diijinkan. Metabolisme siklamat yaitu sikloheksamina merupakan senyawa karsinogenik, pembuangannya melalui urine dapat merangsang tumor kandung kemih pada tikus. Namun uji ulang pada beberapa galur tikus dan hamster menunjukkan hasil negatif. Pemanis buatan sering ditambahkan kedalam pangan dan minuman sebagai pengganti gula karena mempunyai kelebihan dibandingkan dengan pemanis alami (gula), yaitu :

1. Rasanya lebih manis.
2. Membantu mempertajam penerimaan terhadap rasa manis.
3. Tidak mengandung kalori atau mengandung kalori yang jauh lebih rendah sehingga cocok untuk penderita penyakit gula (diabetes).
4. Harganya lebih murah.

Pemanis buatan yang paling umum digunakan dalam pengolahan pangan di Indonesia adalah siklamat dan sakarin yang mempunyai tingkat kemanisan masing-masing 30-80 dan 300 kali gula alami.

Bahan Pengawet

Bahan pengawet umumnya digunakan untuk mengawetkan pangan yang mempunyai sifat mudah rusak. Bahan ini dapat menghambat atau memperlambat proses fermentasi, pengasaman atau peruraian yang disebabkan oleh mikroba. Tetapi tidak jarang produsen menggunakannya pada pangan yang relatif awet dengan tujuan untuk memperpanjang masa simpan atau memperbaiki tekstur. Bahan pengawet terbagi menjadi 2 bagian besar, yaitu:

1. Zat pengawet anorganik
Zat pengawet anorganik yang masih sering dipakai adalah sulfit, hidrogen peroksida, nitrat, dan nitrit. Sulfit digunakan dalam bentuk gas SO₂, garam Na atau K sulfit, bisulfit, dan metabisulfit. Bentuk efektifnya sebagai pengawet adalah asam sulfit yang tidak terdisosiasi dan terutama terbentuk pH di bawah 3.
2. Zat pengawet organik
Zat pengawet organik lebih banyak dipakai daripada yang anorganik, karena bahan ini lebih mudah dibuat. Bahan organik digunakan baik dalam bentuk asam maupun dalam bentuk garamnya. Zat kimia yang sering dipakai sebagai bahan pengawet ialah asam sorbat, asam propionat, asam benzoat, asam asetat, dan epoksida (Winarno, 1982).

Secara umum penambahan bahan pengawet pada pangan bertujuan sebagai berikut :

1. Menghambat pertumbuhan mikroba pembusuk pada pangan baik yang bersifat patogen maupun yang tidak patogen.
2. Memperpanjang umur simpan pangan.
3. Tidak menurunkan kualitas gizi, warna, cita rasa, dan bau bahan pangan yang diawetkan.
4. Tidak untuk menyembunyikan keadaan pangan yang berkualitas rendah.

5. Tidak digunakan untuk menyembunyikan penggunaan bahan yang salah atau yang tidak memenuhi persyaratan.
6. Tidak digunakan untuk menyembunyikan kerusakan bahan pangan. Keamanan senyawa kimia dalam bahan pangan sangat perlu diperhatikan, baik senyawa kimia yang ditambahkan dari luar bahan pangan maupun senyawa kimia yang terdapat secara alami dalam bahan pangan itu sendiri.

Terdapat beberapa persyaratan untuk bahan pengawet kimiawi lainnya, selain persyaratan yang dituntut untuk semua bahan tambahan pangan, antara lain sebagai berikut :

1. Memberi arti ekonomis dari pengawetan (secara ekonomis menguntungkan).
2. Digunakan hanya apabila cara-cara pengawetan yang lain tidak mencukupi atau tidak tersedia.
3. Memperpanjang umur simpan dalam pangan.
4. Tidak menurunkan kualitas (warna, cita rasa, dan bau) bahan pangan yang diawetkan
5. Mudah dilarutkan.
6. Menunjukkan sifat-sifat antimikroba pada jenjang pH bahan pangan yang diawetkan.
7. Aman dalam jumlah yang diperlukan.
8. Mudah ditentukan dengan analisis kimia.
9. Tidak menghambat enzim-enzim pencernaan.
10. Tidak mengalami dekomposisi atau tidak bereaksi untuk membentuk suatu senyawa kompleks yang bersifat lebih toksik.
11. Mudah dikontrol dan didistribusikan secara merata dalam bahan pangan.

12. Mempunyai spektra antimikroba yang luas, meliputi macam-macam pembusukan oleh mikroba yang berhubungan dengan bahan pangan yang diawetkan.

Penyedap Rasa dan Arom

Penyedap rasa dan aroma didefinisikan sebagai bahan tambahan makanan yang dapat memberikan, menambah dan mempertegas rasa dan aroma. Penyedap rasa merupakan gabungan dari semua perasaan yang terdapat dalam mulut termasuk mouth feel. Bahan penyedap memiliki beberapa fungsi yaitu dapat memperbaiki, membuat lebih bernilai dan diterima dan lebih menarik. Sifat utama dari penyedap adalah memberikan ciri khusus dari bahan pangan seperti flavor jeruk manis, jeruk nipis dan lemon.

Bahan penyedap ada yang berasal dari bahan alami, seperti bumbu, herba dan minyak esensial, ekstrak tanaman atau hewan dan oleoresin. Namun pada saat ini sudah dapat dibuat penyedap yang sintetis. Contohnya untuk mendapatkan rasa kopi yang senyawa aromatisnya adalah alfa furfural merkaptan disusun formula dari alfa furfural merkaptan (10%), etil vanillin (3%) dan pelarut 87 %.

Sifat utama dari penyedap rasa adalah memberi rasa khusus pada suatu bahan pangan seperti aroma jeruk manis, jeruk nipis, kola, lemon, ckelat, krim, vanili. Tujuan penggunaan penyedap rasa dalam pengolahan pangan sebagai berikut:

- a. merubah aroma hasil olahan dengan penambahan aroma tertentu selama pengolahan misalnya keju dan yogurt.
- b. Modifikasi, pelengkap atau penguat aroma, seperti penambahan aroma ayam pada pembuatan sup ayam, aroma butter pada pembuatan margarin.
- c. Menutupi atau menyembunyikan aroma bahan pangan yang tidak disukai.
Contoh: bau langu pada kedelai dan after taste.
- d. Membentuk aroma baru untuk mengurangi rasa pahit.

Bahan Penyedap alami

Bumbu dapat didefinisikan sebagai jenis bahan yang dapat bersifat pungent dan dalam jumlah sedikit sudah efektif sebagai penyedap. Bahan

penyedap alami yang sering digunakan untuk menimbulkan rasa gurih pada makanan, antara lain santan kelapa, susu sapi, dan kacang-kacangan. Selain itu, bahan penyedap lainnya yang biasa digunakan sebagai bumbu masakan, antara lain lengkuas, ketumbar, cabai, kayu manis, dan pala.

Bahan Penyedap Buatan

Penyedap makanan buatan atau artificial adalah komponen atau zat yang dibuat menyerupai aroma penyedap alami. Penyedap makana yang paling dikenal luas adalah MSG (Monosodium Glutamate). MSG adalah bahan yang digunakan untuk menyedapkan makanan supaya terasa gurih dan lebih terasa di lidah. MSG juga kita kenal dengan sebutan Vetsin atau Micin yang rumus kimianya $\text{HCOCPC}(\text{NH}_2)_2 \text{COO-NA}$ hasil campuran asam glutamat dan natrium Hidruksid. MSG ini ditemukan oleh seorang peneliti dari jepang. Penemuan ini ditemukan karena peneliti tersebut merasa heran terhadap tubuh orang eropa dibandingkan orang jepang yang seusia lebih besar. Kemudian peneliti tersebut menemukan bahwa pada makanan-makanan orang eropa memiliki rasa gurih. Kemudian peneliti tersebut berusaha menemukan penyedap makanan dan menemukan senyawa kimianya.

Berikut ini beberapa contoh zat penyedap cita rasa hasil sintesis.

- a) Oktil Asetat, makanan akan berasa dan beraroma seperti buah jeruk .
- b) Etil Butirat, akan memberikan rasa dan aroma seperti buah nanas pada makanan .
- c) Amil Asetat, akan memberikan rasa dan aroma seperti buah pisang
- d) Amil Valerat, akan memberikan rasa dan aroma seperti buah apel

Berdasarkan pembuatan bahan penyedap sintesis, komponen flavor dapat digolongkan menjadi 4 golongan :

1. Komponen yang secara alami terdapat dalam bahan makanan.
2. Zat yang diisolasi dari bahan penyedap alami.
3. Zat yang dibuat sintesis tetapi identik dengan yang dibuat secara alami.
4. Zat yang dibuat sintesis yang tidak terdapat dalam komponen alami.

Zat penyedap buatan dibedakan menjadi dua macam, yaitu:

1. Zat penyedap aroma buatan terdiri dari senyawa golongan ester, antara lain oktil asetat (aroma buah jeruk), isoamil asetat (aroma buah pisang), dan isoamil valerat (aroma buah apel).
2. Zat penyedap rasa yang banyak digunakan adalah monosodium glutamate (MSG) atau lebih populer dengan nama vetsin dengan berbagai merek yang beredar di pasar.

Pengemulsi, Pemantap dan Pengental

Pengemulsi adalah suatu bahan yang dapat mengurangi kecepatan tegangan permukaan dan tegangan antara dua fase yang dalam keadaan normal tidak saling melarutkan, menjadi dapat bercampur dan selanjutnya membentuk emulsi. Suatu jenis pangan membutuhkan bahan pengemulsi jika terdiri dari 3 komponen yaitu protein, lemak dan karbohidrat. Fungsi dari pengemulsi, pemantap dan pengental dalam pangan adalah untuk memantapkan emulsi dari lemak dan air sehingga produk tetap stabil, tidak meleleh, tidak terpisah antara bagian lemak dan air serta mempunyai tekstur yang kompak. Jenis pangan yang sering menggunakan BTP semacam ini adalah es krim, es puter, saus sardin, jem, jeli, sirup dan lain-lain.

Ciri-ciri pengemulsi berhubungan dengan sifat amfifilik yaitu berhubungan dengan struktur molekulnya, bentuk molekulnya harus mempunyai gugus yang mempunyai fungsi sebagai hidrofilik (kemampuan untuk bergabung dengan air) dan sebagai lipofilik (kemampuan untuk bergabung dengan minyak). Sifat lipofilik merupakan sifat yang sangat dominan pada pengemulsi pangan, tetapi keseimbangan antara hidrofilik dan lipofilik dapat bermacam-macam tergantung pada komposisi kimianya. Tujuan penggunaan pengemulsi diantaranya:

- a. Untuk mengurangi tegangan permukaan antara minyak dan air yang mendorong pembentukan emulsi dan pembentukan keseimbangan fase antara minyak, air dan pengemulsi.

- b. Untuk sedikit mengubah sifat tekstur teknologi produk 32 pangan dengan pembentukan senyawa kompleks dengan komponen-komponen pati dan protein.
- c. Untuk memperbaiki tekstur produk pangan yang bahan utamanya lemak dengan mengendalikan keadaan polimorf lemak.

Pemantap dan pengental Tekstur adalah salah satu sifat pangan yang penting, tentu saja sapat dinyatakan bahwa nilai gizi merupakan unsur penentu mutu pangan yang paling penting. Secara umum bahan pengental dan pembentuk gel yang larut dalam air disebut Gum. Gum dapat menghasilkan larutan yang kental atau dispersi dalam air. Kekentalan gum tergantung pada jenis, suhu, kepekatan, tingkat polimerisasi dan bahan lain dalam larutan. Beberapa bahan yang sering digunakan sebagai pengental diantaranya: gelatin, pectin, pati, ekstrak rumput laut, algin, karagenan.

Anti Oksidan

Antioksidan merupakan senyawa yang dapat menghambat reaksi oksidasi, dengan cara mengikat radikal bebas dan molekul yang sangat reaktif. Salah satu bentuk senyawa oksigen reaktif adalah radikal bebas, senyawa ini terbentuk di dalam tubuh dan dipicu oleh bermacam-macam faktor (Winarsi, 2007). Sadikin (2001) berpendapat bahwa serangan radikal bebas terhadap molekul sekelilingnya akan menyebabkan terjadinya reaksi berantai, yang kemudian menghasilkan senyawa radikal baru. Dampak reaktivitas senyawa radikal bebas mulai dari kerusakan sel atau jaringan, penyakit autoimun, penyakit degeneratif, hingga kanker. Oleh karena itu tubuh memerlukan substansi penting, yakni antioksidan yang dapat membantu melindungi tubuh dari serangan radikal bebas dengan meredam dampak negatif senyawa radikal bebas tersebut (Karyadi, 1997).

Jenis antioksidan terdiri dari dua, yaitu antioksidan alam dan antioksidan sintetik (Cahyadi, 2006). Antioksidan alami banyak terdapat pada tumbuh-tumbuhan, sayur-sayuran dan buah-buahan (Winarsi, 2007), sedangkan yang termasuk dalam antioksidan sintetik yaitu butil hidroksilanisol (BHA), butil hidroksitoluen (BHT), propilgallat, dan etoksiquin (Cahyadi, 2006). Antioksidan

alam telah lama diketahui menguntungkan untuk digunakan dalam bahan pangan karena umumnya derajat toksisitasnya rendah (Cahyadi, 2006).

Sedangkan berdasarkan mekanisme reaksinya, antioksidan dibagi menjadi tiga macam, yaitu antioksidan primer, antioksidan sekunder dan antioksidan tersier:

- a. **Antioksidan Primer:** Antioksidan primer merupakan zat atau senyawa yang dapat menghentikan reaksi berantai pembentukan radikal bebas yang melepaskan hidrogen. Antioksidan primer dapat berasal dari alam atau sintesis. Contoh antioksidan primer adalah Butylated hidroxytoluene (BHT). Reaksi antioksidan primer terjadi pemutusan rantai radikal bebas yang sangat reaktif, kemudian diubah menjadi senyawa stabil atau tidak reaktif. Antioksidan ini dapat berperan sebagai donor hidrogen atau CB-D (Chain breaking donor) dan dapat berperan sebagai akseptor elektron atau CB-A (Chain breaking acceptor).
- b. **Antioksidan Sekunder:** Antioksidan sekunder disebut juga antioksidan eksogeneus atau non enzimatis. Antioksidan ini menghambat pembentukan senyawa oksigen reaktif dengan cara pengelatan metal, atau dirusak pembentukannya. Prinsip kerja sistem antioksidan non enzimatis yaitu dengan cara memotong reaksi oksidasi berantai dari radikal bebas atau dengan menangkap radikal tersebut, sehingga radikal bebas tidak akan bereaksi dengan komponen seluler.⁹ Antioksidan sekunder di antaranya adalah vitamin E, vitamin C, beta karoten, flavonoid, asam lipoat, asam urat, bilirubin, melatonin dan sebagainya.
- c. **Antioksidan Tersier** Kelompok antioksidan tersier meliputi sistem enzim DNA-Repair dan metionin sulfoksida reduktase. Enzim-enzim ini berperan dalam perbaikan biomolekuler yang rusak akibat reaktivitas radikal bebas. Kerusakan DNA yang terinduksi senyawa radikal bebas dicirikan oleh rusaknya Single dan Double strand baik gugus non-basa maupun basa

Pengatur Keasaman (Pengasam, Penetral dan Pendapar)

Salah satu tujuan utama penambahan asam pada makanan adalah untuk memberikan rasa asam. Asam juga dapat mengintensifkan penerimaan rasa-rasa

lain. Unsur yang menyebabkan rasa asam adalah ion H^+ atau ion hidrogenium H_3O^+ .

Asam yang banyak digunakan pada bahan makanan adalah asam organik seperti asam asetat, asam laktat, asam sitrat, asam fumarat, asam malat, asam suksinat, dan asam tartrat. Sedangkan satu-satunya asam organik yang digunakan sebagai pengasam makanan adalah asam fosfat. Asam anorganik lain seperti HCl dan H_2SO_4 mempunyai derajat disosiasi yang tinggi sehingga berakibat kurang baik bagi mutu produk akhir. Selain untuk tujuan di atas, ada beberapa macam asam dan senyawa bersifat asam yang berfungsi sebagai bahan pengawet, bahan pengembang adonan, pengkelat, dan lain-lain.

Anti Kempal atau Anti Kerak (*Anti Craking Agent*)

Anti kempal adalah bahan tambahan pangan yang dapat mencegah mengempalnya pangan berupa serbuk dan tepung. Bahan tambahan ini biasanya ditambahkan pada makanan yang berbentuk serbuk, misalnya garam meja atau merica bubuk dan bumbu lainnya agar pangan tersebut tidak mengempal dan mudah dituang dari wadahnya. Antikempal merupakan senyawa *anhydrous* yang dapat menyerap air tanpa menjadi basah. Bahan tersebut ditambahkan ke dalam produk berupa granula atau bubuk yang mempunyai sifat higroskopis, misalnya garam meja, lada bubuk, bubuk untuk pembuatan roti, dan lain sebagainya.

Secara umum antikempal dapat berfungsi karena mudah menyerap air dengan melapisi partikel-partikel bubuk yang menyebabkan penolakan penyerapan air atau bubuk dan atau karena bahan tersebut tidak dapat larut air. Antikempal dapat berupa garam *anhydrous* atau zat yang dapat menyerap air karena pengikatan di permukaan, tetapi dia sendiri tetap mudah dicurahkan atau dapat dibuat dalam keadaan yang diperlukan dengan perlakuan fisik.

Banyaknya garam *anhydrous* bersifat polimorfi, yaitu dapat berada dalam bentuk kristal. Pada keadaan ini zat tersebut menyimpan energy yang rendah dengan ikatan antar atom yang kuat. Keadaan tersebut berubah pada waktu terjadi perubahan dari suatu bentuk kristal ke bentuk kristal yang lain.

Anti kempal biasa ditambahkan ke dalam pangan yang berbentuk tepung atau bubuk. Oleh karena itu peranannya didalam pangan tidak secara langsung, tetapi terdapat didalam bahan-bahan yang digunakan untuk membuat pangan seperti susu bubuk, tepung terigu, gula pasir dan sebagainya. Antikempal dapat dimetabolisasi dalam tubuh atau tidak menunjukkan akibat keracunan pada tingkat penggunaan yang tepat. Akan tetapi, masuknya ferrosianida dalam golongan antikempal merupakan hal yang aneh, tetapi angka A.D.I. garam ini sangat rendah, yaitu 0,025 mg.kg berat badan yang membahayakan jika dikonsumsi.

Pemutih dan Pematang Tepung

Pemutih dan pematang tepung adalah bahan yang dapat mempercepat proses pemutihan dan sekaligus pematangan tepung sehingga dapat memperbaiki mutu hasil pemanggangan, misalnya dalam pembuatan roti, craker, biskuit dan kue. Tepung terigu yang baru berwarna kekuningan dan bersifat kurang elastic. Bila dijadikan adonan roti, tidak dapat mengembang dengan baik. Untuk memperoleh terigu dengan mutu baik, terigu dibiarkan selama lebih kurang enam minggu. Selama masa pemeraman tersebut, bahan-bahan yang menyebabkan sifat lekat dan juga pigmen karotenoid akan teroksidasi sehingga diperoleh tepung terigu yang berwarna putih dengan daya kembang yang baik.

Pengeras

Bahan pengeras sering digunakan untuk memperkeras atau mencegah melunaknya pangan. Contoh penggunaan pengeras adalah kapur untuk memperkeras keripik atau dalam pembuatan pikel atau buah kaleng. Pengeras ditambahkan kedalam pangan untuk membuat pangan menjadi lebih keras atau mencegah pangan menjadi lebih lunak.

Perlakuan panan terhadap jaringan tanaman biasanya menyebabkan pelembehan Karena struktur selulosanya mengalami sedikit perubahan.

Sequestran

Sekuestran atau zat pengikat logam merupakan bahan penstabil yang digunakan dalam berbagai pengolahan bahan makanan. Sekuestran dapat

mengikat logam dalam bentuk ikatan kompleks sehingga dapat mengalahkan sifat dan pengaruh jelek logam tersebut dalam bahan. Dengan demikian senyawa ini dapat membantu menstabilkan warna, cita rasa dan tekstur.

Logam terdapat dalam bahan alami dalam bentuk senyawa kompleks misalnya Mg dalam klorofil; Fe sebagai feritin, rufin, porfirin, serta hemoglobin; Co sebagai vitamin B12, Cu, Zn dan Mn dalam berbagai enzim. Ion-ion logam ini dapat terlepas dari ikatan kompleksnya karena hidrolisis maupun degradasi. Ion logam bebas mudah bereaksi dan mengakibatkan perubahan warna, ketengikan, kekeruhan maupun perubahan rasa. Sequesteran akan mengikat ion logam sehingga menjaga kestabilan bahan.

Bahaya atau risiko konsumsi bahan tambahan makanan

Bahan Tambahan Pangan dapat berupa ekstrak bahan alami atau hasil sintesis kimia. Bahan yang berasal dari alam umumnya tidak berbahaya, sementara Bahan Tambahan Pangan artifisial atau sintetik mempunyai risiko terhadap kesehatan jika disalahgunakan pemakaiannya. Produsen pangan skala rumah tangga atau industri kecil memakai Bahan tambahan yang dinyatakan berbahaya bagi kesehatan karena alasan biaya. Tidak jarang, produk pangan ditambahkan zat yang bukan untuk makanan tapi untuk industri lain, misalnya untuk tekstil, dan cat. Badan POM (Pengawas Obat dan Makanan) menemukan banyak produk-produk yang mengandung formalin. Formalin bersifat desinfektan, pembunuh hama, dan sering dipakai untuk mengaetkan mayat. Pewarna tekstil seperti Rhodamin B sering pula ditemukan pada kerupuk dan terasi. Mengonsumsi makanan yang mengandung formalin atau Rhodamin dapat menyebabkan kerusakan organ dalam tubuh dan kanker.

PENDAHULUAN

Setiap manusia membutuhkan makan untuk kelangsungan hidupnya. Makanan tersebut diperlukan baik untuk pertumbuhan fisik, menambah energi maupun meningkatkan daya tahan tubuh. Oleh karena itu makanan, agar makanan dapat berfungsi dengan baik, maka diperlukan berbagai syarat agar memenuhi kriteria seperti yang diharapkan. Selain makanan harus mengandung zat gizi (lemak, protein, karbohidrat, mineral dan vitamin) makanan harus baik dan yang tidak kalah penting untuk diperhatikan adalah bahwa makanan harus aman dikonsumsi.

Dalam bahan pangan sering kali terdapat senyawa-senyawa kimia yang tidak mempunyai nilai-nilai nutrisi. Adanya senyawa-senyawa kimia tersebut selalu di hubungan dengan sifat-sifat yang tidak diinginkan dan kadang-kadang beracun sehingga membahayakan kesehatan manusia yang mengkonsumsinya. Senyawa – senyawa kimia tersebut terdapat dalam macam-macam bentuk, dari garam anorganik yang sederhana sampai ke molekul yang besar dan kompleks. Bahaya yang ditimbulkan dapat berupa bahaya keracunan yang akut atau bersifat menahun dan dapat menyebabkan perubahan sifat (mutagen).

Secara garis besar senyawa beracun dalam bahan makanan dapat digolongkan menjadi tiga golongan : **Senyawa beracun alamiah, senyawa beracun dari mikroba dan senyawa beracun oleh pencemaran.**

Senyawa Beracun Alamiah

Berbagai macam bahan makanan baik hewani maupun nabati, seringkali secara alamiah mengandung senyawa yang bersifat racun. Senyawa beracun dapat menimbulkan keracunan akut pada umumnya sudah dikenal oleh masyarakat, seperti singkong (mengandung HCN), biji bengkuang (pakirizida), jengkol (asam jengkolat), disamping itu ada beberapa senyawa beracun pada ikan buntal,

beberapa jenis kerang dan udang. Kandungan senyawa beracun bervariasi menurut jenis dan varietas bahan asal.

Senyawa beracun yang terdapat dalam bahan pangan nabati

Nama toksin	Senyawa Kimia	Sumber	Gejala keracunan
Inhibitor	Protein BM: 8.000 - 24.000	Kacang-kacangan, kacang polong, kentang, ubi jalar, biji-bijian	Pertumbuhan dan penggunaan makanan kurang baik, pembesaran kelenjar pankreas
Hemaglutinin	Protein BM: 36.000- 132.000	Kacang polong	Penggunaan makan kurang baik, penggunaan butir darah merah
Saponin	Glikosida	Kedelai, bit, kacang tanah, bayam, asparagus	Hemolisis butir darah merah
Goitrogen	Tioglikosida	Kol dan sejenisnya, lobak, mustard	Pembengkakan kelenjar tiroid
Sianogen	Glukosida sianogenik	Kacang-kacangan, kacang polong, rami, buah-buahan berbiji keras, singkong	Keracunan HCN
Gosipol	Gosipol	Biji kapas	Kerusakan hati, perdarahan, pembengkakan
Latirogen	B-aminopropio- nitril dan turunannya asam	Vetch, chickpea Chickpea	Osteolatisisme (susunan kerangka tak sempurna) Neurolatisisme

Alergen	B-N-Oksalil-L-a,		alergi
Sikasin	B-Diamono propionat	Semua bahan pangan	
Favison	Protein	Biji-bijian dari genus <i>cycas</i>	Kanker hati dan orang lain
Fakirizida	Metilazoksi- metanol	Kacang-kacangan	Anemia hemolitik yang akut
	Glikosida	<i>fava beans</i>	Merangsang syaraf pusat kelumpuhan organ pernafasan
	(?)	Biji bengkuang	

Alkaloid Dalam Kentang

Racun alami yang dikandung kentang termasuk dalam golongan glikoalkoid dengan dua macam racun utama yaitu salonin dan chaconine. Biasanya racun yang dikandung oleh kentang berkadar rendah dan tidak menimbulkan efek yang merugikan bagi manusia. Meskipun demikian, kentang yang berwarna hijau, bruntas dan secara fisik telah rusak atau membusuk dapat menyebabkan glikoalkoid dalam kadar yang tinggi.

Hidrogen sianida

Kandungan dianida dalam singkong sangat bervariasi. Kadar sianida rata-rata dalam singkong manis dibawah 50mg/kg berat asal, sedangkan singkong pahit atau racun diatas 50mg/kg, menurut FAO, singkong dengan kadar 50mg/kg masih aman untuk dikonsumsi.

Kafein

Kopi dan teh mengandung kafein yaitu senyawa yang pahit rasanya. Kafein bersifat diuretik. Merangsang ginjal pengeluaran urin, merangsang kerja otak dan aktivitas jantung. Jika konsumsi tidak berlebihan, kafein memberikan kontribusi yang positif seperti badan terasa lebih segar menghilangkan rasa

ngantuk. Jika melebihi ambang batas, konsumsi teh akan berakibat sukar tidur, jantung berdebar.

Asam Jengkolat

Racun asam jengkolat ini terdapat pada biji jengkol. Gangguan kesehatan disebabkan terbentuknya kristal asam jengkolat yang dapat menyumbat aliran air seni.

Pakirizida

Biji bengkuang mengandung zat racun yang mempunyai daya narkotik terhadap susunan saraf pusat. Kematian dapat terjadi akibat kelumpuhan dengan pernafasan.

Saponin

Saponin adalah glikosida dalam tanaman dan terdiri atas gugus nogenin (steroid; C7) atau triterpenoid (Co), gugus heksosa, pentosa, asam uronat. Senyawa ini mempunyai rasa pahit dan berbusa bila dilarutkan. Saponin dapat menyebabkan hemolisis sel darah merah, sangat beracun terhadap hewan berdarah dingin, sedangkan terhadap hewan berdarah panas daya toksisitasnya berbeda-beda.

Goitrogen

Goitrogen adalah dalam tanaman tioglikosida yang bersifat antitiroid yang terdapat terdapat dalam tanaman familia Coniferae. Adanya senyawa ini menimbulkan rasa pedas pada beberapa tanaman. Tioglikosida yang terdapat dalam tanaman berikatan dengan enzim. Enzim ini akan menghidrolisis glikosida menghasilkan glukosa dan bisulfat.

Gosipol

Biji kapas mengandung 0,4 - 1,7% pigmen gosipol dan pigmen lain yang serupa. Senyawa gosipol ini sangat reaktif dan menyebabkan gejala-gejala keracunan pada hewan peliharaan maupun hewan percobaan. Adanya gosipol

dalam biji kapas akan menurunkan nilai nutrisi tepung biji kapas yang merupakan sumber protein nabati.

Senyawa Racun dari Mikroba

Sebelum membahas senyawa racun dari mikroba, perlu terlebih dahulu dipahami dua istilah yang mirip pengertiannya, yaitu infeksi dan keracunan. Infeksi adalah suatu istilah yang digunakan bila seseorang setelah mengkonsumsi makanan atau minuman yang mengandung bakteri patogen mendapat gejala-gejala penyakit. Keracunan yang disebut juga intoksikasi disebabkan mengkonsumsi makanan yang telah mengandung senyawa beracun yang diproduksi oleh mikroba, baik bakteri maupun kapang. Di bawah ini yang akan disajikan hanya masalah intoksikasi saja. Beberapa senyawa racun yang dapat menyebabkan intoksikasi adalah bakteri *Clostridium botulinum*, *Staphylococcus aureus*, dan *Pseudomonas cocovenenans*. Sedang dari kapang, biasanya disebut mikotoksin yaitu *Aspergillus flavus*, *Penicillium sp.* dan lain sebagainya.

Clostridium botulinum

Senyawa beracun yang diproduksi *Clostridium botulinum* disebut botulinin dan keracunan yang ditimbulkan akibat mengkonsumsi makanan yang mengandung botulinum disebut botulisme. Botulinum merupakan neurotoksin yang sangat berbahaya bagi manusia dan sering kali akut dan menyebabkan kematian.

Pseudomonas cocovenenans

Senyawa beracun yang dapat diproduksi oleh *Pseudomonas cocovenenans* adalah toksoflavin dan asam bongkrek. Kedua senyawa beracun tersebut diproduksi dalam jenis makanan yang disebut tempe bongkrek, suatu tempe yang dibuat dengan bahan utama ampas kelapa. Pada umumnya tempe bongkrek yang jadi atau berhasil dengan baik (kompak dan putih warnanya) hanya ditumbuhi kapang tempe *Rhizopus oligosporus*, tetapi tempe yang gagal dan rapuh di samping *R. oligosporus* biasanya juga tumbuh sejenis bakteri yang disebut *Pseudomonas cocovenenans*.

Staphylococcus aureus

Enyaa beracun yang diproduksi *Staphylococcus aureus* disebut enterotoksin dan dapat terbentuk dalam makanan karena pertumbuhan bakteri tersebut. Disebut enterotoksin karena menyebabkan gastro enteritis. Enterotoksin sangat stabil terhadap panas, dan yang paling tahan panas adalah enterotoksin tipe B. Pemanasan yang dilakukan oleh proses pemasakan normal tidak akan mampu menginaktifkan toksik tersebut dan tetap dapat menyebabkan keracunan. Sumber penularan *S. aureus* adalah manusia atau hewan melalui hidung, tenggorokan, kulit, dan luka yang bernanah.

CARA PEMBUATAN MAKANAN YANG BAIK

PENDAHULUAN

Peraturan tentang wajib menerapkan CPOB bagi industri farmasi didasarkan atas Surat Keputusan Menteri Kesehatan RI No.43/Menkes/SK/ VII/1989 tentang Cara Pembuatan Obat yang Baik. Langkah tersebut diikuti dengan keluarnya Surat Keputusan Direktorat Jenderal POM No.05411/A/SK/ XII/1989 mengenai Petunjuk Operasional Penerapan Cara Pembuatan Obat yang Baik, yang direvisi pada tahun 1990.

Pada tahun 2001 Badan Pengawas Obat dan makanan (BPOM) menerbitkan revisi CPOB yang dikenal juga dengan CPOB terkini. Pedoman CPOB yang diterbitkan pada tahun 1988 dan 2001 meliputi 10 aspek, yaitu ketentuan umum, personalia, bangunan dan fasilitas, peralatan, sanitasi dan higiene, produksi, pengawasan mutu, inspeksi diri, penanganan keluhan terhadap obat, penarikan kembali obat, dan obat kembalian serta dokumentasi.

Pada tahun 2006 diterbitkan lagi versi yang diperbaharui yaitu c-GMP (current Good Manufacturing Practice) atau yang dikenal dengan istilah CPOB yang dinamis. Dibandingkan dengan edisi sebelumnya (CPOB edisi 2001), pedoman CPOB edisi 2006 mengandung perbaikan sesuai persyaratan CPOB terkini antara lain “Kualifikasi dan Validasi”, Pembuatan dan Analisis Obat berdasarkan Kontrak” dan “Pembuatan Produk Steril”. Disamping itu juga terdapat penambahan beberapa bab yaitu “Manajemen mutu”, ‘Pembuatan Produk Darah, “Sistem Komputerisasi” dan “Pembuatan Produk Investigasi untuk Uji Klinis”.

CPOB terkini (CPOB : 2006) atau c-GMP merupakan salah satu upaya pemerintah (Badan POM) untuk menjamin khasiat, keamanan, dan mutu obat produksi industri farmasi Indonesia agar sesuai dengan standar internasional, sehingga produk obat dalam negeri mampu bersaing baik untuk pasar domestik maupun untuk pasar ekspor. Disamping itu, penerapan c-GMP juga mendorong

industri farmasi agar lebih efisien dan fokus dalam pelaksanaan produksi obat, termasuk pemilihan fasilitas produksi yang paling memungkinkan untuk dikembangkan.

Pengertian CPOB

CPOB adalah suatu pedoman yang menyangkut seluruh aspek produksi dan pengendalian mutu, bertujuan untuk menjamin bahwa produk obat dibuat senantiasa memenuhi persyaratan mutu yang telah ditentukan sesuai dengan tujuan penggunaannya.

Pengertian CPMB

- Setiap Orang yang memproduksi dan memperdagangkan Pangan wajib memenuhi standar Keamanan dan Mutu Pangan guna mengendalikan risiko bahaya pada Pangan, sehingga Keamanan Pangan terjamin (UU no. 18 tahun 2012 pasal 71 dan 86)
- Selain itu, sanitasi Pangan harus dilakukan untuk menyelenggarakan keamanan pangan dan harus memenuhi persyaratan standar Keamanan Pangan, dan dilakukan dalam kegiatan atau proses produksi, penyimpanan, pengangkutan, dan/atau peredaran Pangan agar Pangan aman untuk dikonsumsi. (UU no. 18 tahun 2012 Pasal 69 dan 70; PP no. 28 tahun 2004 pasal 2).
- Pemenuhan standar Keamanan dan Mutu Pangan oleh Pelaku Usaha Pangan dilakukan melalui penerapan sistem jaminan Keamanan dan Mutu Pangan (UU no. 18 tahun 2012 pasal 86) dengan menerapkan norma, standar, prosedur, dan kriteria Keamanan Pangan (UU no. 18 tahun 2012 pasal 86 ayat 3).
- Pemenuhan persyaratan sanitasi di proses produksi pangan olahan dilakukan dengan cara menerapkan pedoman cara yang baik, yaitu Cara Produksi Pangan Olahan yang Baik (PP no. 28 tahun 2004 Pasal 3).

**PERATURAN KEPALA BADAN PENGAWAS OBAT DAN MAKANAN
REPUBLIK INDONESIA NOMOR 11 TAHUN 2014 TENTANG TATA
CARA SERTIFIKASI CARA PRODUKSI PANGAN OLAHAN YANG
BAIK**

Pasal 1

Dalam Peraturan ini yang dimaksud dengan:

1. Pangan adalah segala sesuatu yang berasal dari sumber hayati produk pertanian, perkebunan, kehutanan, perikanan, peternakan, perairan, dan air, baik yang diolah maupun tidak diolah yang diperuntukkan sebagai makanan atau minuman bagi konsumsi manusia, termasuk bahan tambahan Pangan, bahan baku Pangan, dan bahan lainnya yang digunakan dalam proses penyiapan, pengolahan, dan/atau pembuatan makanan atau minuman.
2. Pangan Olahan adalah makanan dan/atau minuman hasil proses dengan cara atau metode tertentu dengan atau tanpa bahan tambahan.
3. Bahan Pangan adalah bahan dasar yang digunakan untuk memproduksi makanan dan minuman tidak dalam kemasan eceran, yang siap digunakan oleh konsumen, termasuk bahan tambahan pangan, bahan penolong, dan bahan lainnya.
4. Bahan Tambahan Pangan, yang selanjutnya disingkat BTP, adalah bahan yang ditambahkan ke dalam pangan untuk mempengaruhi sifat atau bentuk pangan.
5. Produksi Pangan adalah kegiatan atau proses menghasilkan, menyiapkan, mengolah, membuat, mengawetkan, mengemas kembali dan/atau mengubah bentuk Pangan.
6. 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 serta tidak bertentangan dengan agama, keyakinan, dan budaya masyarakat sehingga aman untuk dikonsumsi.
7. Cara Produksi Pangan Olahan yang Baik, yang selanjutnya disingkat CPPOB, adalah pedoman yang menjelaskan bagaimana memproduksi Pangan Olahan agar aman, bermutu, dan layak untuk dikonsumsi.

8. Pemohon adalah produsen Pangan Olahan yang telah mendapatkan izin usaha sesuai dengan ketentuan peraturan perundang-undangan.
9. Produsen adalah perorangan atau badan usaha yang memiliki fasilitas dan membuat, mengolah, mengubah bentuk, mengawetkan, mengemas kembali Pangan Olahan untuk diedarkan.
10. Audit adalah pemeriksaan yang dilakukan secara sistematis terhadap pemenuhan persyaratan CPPOB.
11. Corrective Action and Preventive Action, yang selanjutnya disebut sebagai CAPA adalah tindakan yang harus dilakukan terhadap temuan hasil audit untuk menghilangkan penyebab ketidaksesuaian dengan persyaratan pemenuhan CPPOB dan kondisi lain yang tidak diinginkan atau tidak sesuai dengan ketentuan peraturan perundang-undangan.
12. Temuan hasil audit adalah hasil audit yang menunjukkan ketidaksesuaian dengan persyaratan pemenuhan CPPOB dan kondisi lain yang tidak diinginkan atau tidak sesuai dengan ketentuan peraturan perundang-undangan.
13. Sertifikat CPPOB, yang selanjutnya disebut Sertifikat, adalah dokumen sah yang merupakan bukti bahwa sarana produksi Pangan telah memenuhi persyaratan CPPOB dalam kegiatan produksi Pangan.
14. Jenis Pangan adalah nama pangan yang dikelompokkan berdasarkan karakteristik dan cara produksinya sebagaimana tercantum dalam Peraturan Kepala Badan Pengawas Obat dan Makanan tentang Kategori Pangan.
15. Kepala Badan Pengawas Obat dan Makanan, yang selanjutnya disebut Kepala Badan, adalah Kepala Badan yang tugas dan tanggung jawabnya di bidang pengawasan obat dan makanan.
16. Deputi adalah Deputi Bidang Pengawasan Keamanan Pangan dan Bahan Berbahaya.
17. Direktur adalah Direktur Inspeksi dan Sertifikasi Pangan.

Pasal 2

- (1) Pangan Olahan yang diproduksi dan diedarkan di wilayah Indonesia wajib memenuhi persyaratan keamanan pangan sesuai dengan ketentuan peraturan perundang-undangan.
- (2) Pemenuhan persyaratan keamanan pangan sebagaimana dimaksud pada ayat 1 antara lain dilakukan dengan melaksanakan produksi sesuai dengan CPPOB.
- (3) Pemenuhan CPPOB dibuktikan dengan Sertifikat sesuai dengan contoh sebagaimana tercantum dalam Lampiran I yang merupakan bagian yang tidak terpisahkan dari Peraturan ini.

Pasal 3

- (1) Sertifikat diberikan kepada Produsen yang berdasarkan Audit telah memenuhi persyaratan CPPOB.
- (2) Sertifikat diberikan kepada Produsen sesuai dengan jenis Pangan Olahan yang diproduksi sesuai dengan ketentuan peraturan perundang-undangan.

TATA CARA MEMPEROLEH SERTIFIKAT

Bagian Kesatu Permohonan

Pasal 4

- (1) Sertifikasi CPPOB dilakukan berdasarkan permohonan tertulis kepada Kepala Badan.
- (2) Permohonan tertulis sebagaimana dimaksud pada ayat (1) diajukan dengan menggunakan format permohonan sertifikasi CPPOB sebagaimana tercantum dalam Lampiran II yang merupakan bagian tidak terpisahkan dari Peraturan ini.

Pasal 5

- (1) Permohonan sebagaimana dimaksud dalam Pasal 4 ayat (1) disampaikan dengan melampirkan dokumen persyaratan.
- (2) Dokumen persyaratan sebagaimana dimaksud pada ayat (1) meliputi:
 - a. peta lokasi sarana produksi;

- b. denah bangunan (lay out) sarana produksi;
 - c. panduan mutu, yaitu uraian lengkap tentang langkah-langkah dan prosedur tetap untuk menjamin mutu dan keamanan Pangan Olahan yang dihasilkan;
 - d. skema proses produksi Pangan Olahan beserta penjelasannya;
 - e. daftar bahan pangan dan BTP yang digunakan;
 - f. surat pernyataan keterangan produksi sesuai dengan format surat pernyataan sebagaimana tercantum dalam Lampiran III yang merupakan bagian tidak terpisahkan dari Peraturan ini; dan g. bukti pembayaran biaya sertifikasi CPPOB.
- (3) Pemohon bertanggung jawab atas kebenaran informasi yang tercantum dalam dokumen permohonan serta kebenaran dan keabsahan dokumen persyaratan yang dilampirkan. Bagian Kedua Biaya

Pasal 6

- (1) Terhadap permohonan sertifikasi CPPOB dikenai biaya sebagai Penerimaan Negara Bukan Pajak (PNBP) sesuai dengan ketentuan peraturan perundangan-undangan.
- (2) Dalam hal permohonan sertifikasi CPPOB ditolak, biaya yang telah dibayarkan tidak dapat ditarik kembali.

Bagian Ketiga Pelaksanaan Audit

Pasal 7

Pelaksanaan Audit dilakukan paling lama dalam waktu 30 (tiga puluh) hari kerja sejak tanggal diterimanya permohonan.

Pasal 8

Paling lama dalam waktu 30 (tiga puluh) hari sejak dilaksanakan Audit, Kepala Badan dapat memberikan:

- a. Sertifikat; atau
- b. Penundaan pemberian sertifikat dengan perbaikan.
- c.

Bagian Keempat Ketidaksesuaian

Pasal 9

- (1) Dalam hal Kepala Badan memberikan penundaan pemberian Sertifikat dengan perbaikan sebagaimana dimaksud dalam Pasal 8, paling lama dalam jangka waktu 6 (enam) bulan sejak tanggal surat penundaan pemberian Sertifikat dengan perbaikan, Pemohon harus menyampaikan CAPA.
- (2) CAPA sebagaimana dimaksud pada ayat (1) harus disampaikan dengan menggunakan format laporan CAPA sebagaimana tercantum dalam Lampiran IV dan Lampiran V yang merupakan bagian tidak terpisahkan dari Peraturan ini
- (3) Apabila dalam jangka waktu sebagaimana dimaksud pada ayat (1) Pemohon tidak menyampaikan CAPA, maka permohonan sertifikasi dianggap ditarik kembali.
- (4) Dalam hal Pemohon akan mengajukan permohonan Sertifikasi kembali, maka Pemohon harus mengajukan permohonan baru dengan membayar biaya sebagaimana dimaksud dalam Pasal 6. Bagian Kelima Masa Berlaku Sertifikat

Pasal 10

Sertifikat berlaku untuk jangka waktu 5 (lima) tahun sepanjang sarana produksi Pangan Olahan yang bersangkutan masih berproduksi dan memenuhi persyaratan sesuai ketentuan peraturan perundangan-undangan. Bagian Keenam Resertifikasi

Pasal 11

- (1) Sertifikat yang telah habis masa berlakunya dilakukan resertifikasi.
- (2) Pemegang Sertifikat dapat mengajukan permohonan resertifikasi dalam waktu 6 (enam) bulan sebelum tanggal masa berlaku Sertifikat berakhir.
- (3) Permohonan resertifikasi diajukan kepada Kepala Badan dengan menggunakan format permohonan seperti tercantum pada Lampiran VI yang merupakan bagian tidak terpisahkan dari Peraturan ini.
- (4) Permohonan resertifikasi diproses sesuai mekanisme sebagaimana dimaksud pada Pasal 7 dan Pasal 8.

- (5) Resertifikasi dapat dilakukan melalui penilaian terhadap pemenuhan CPPOB berdasarkan hasil audit surveilan, inspeksi rutin, riwayat produk yang diedarkan, dan/atau Audit.

bagian Ketujuh Perubahan Sertifikat

Pasal 12

- (1) Sertifikat hanya dapat dilakukan perubahan jika terjadi perubahan atas nama pemegang sertifikat.
- (2) Masa berlaku sertifikat yang diubah mengikuti masa berlaku sertifikat sebelumnya.
- (3) Permohonan perubahan sebagaimana dimaksud pada ayat (1) dikenai biaya sebagai PNBP sesuai ketentuan peraturan perundang-undangan.

Bagian Kedelapan Perubahan Bermakna

Pasal 13

- (1) Pemegang sertifikat wajib melaporkan kepada Kepala Badan jika terjadi perubahan bermakna yang meliputi:
 - a. perubahan proses produksi produk yang telah disertifikasi;
 - b. penambahan fasilitas baru; dan/atau
 - c. perubahan denah bangunan/lay out.
- (2) Permohonan persetujuan perubahan bermakna sebagaimana dimaksud pada ayat (1) diajukan kepada Kepala Badan dengan menggunakan format permohonan sebagaimana tercantum dalam Lampiran VII yang merupakan bagian tidak terpisahkan dari Peraturan ini.
- (3) Persetujuan atau penolakan atas perubahan bermakna sebagaimana dimaksud pada ayat (1) akan diterbitkan setelah dilakukan Audit.
- (4) Persetujuan atau penolakan perubahan bermakna sebagaimana dimaksud pada ayat (3) menggunakan format sebagaimana tercantum dalam Lampiran VIII yang merupakan bagian tidak terpisahkan dari Peraturan ini.

Penilaian Kembali

Pasal 14

Terhadap Sertifikat dapat dilakukan penilaian kembali apabila di sarana produksi ditemukan hal-hal yang sudah tidak sesuai lagi dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi.

Pembatalan Sertifikat

Pasal 15

- (1) Sertifikat dapat dibatalkan dalam hal: a. berdasarkan hasil pemeriksaan terjadi perubahan yang mengakibatkan tidak terlaksananya CPPOB; atau b. izin untuk memproduksi Pangan Olahan dicabut oleh instansi yang berwenang.
- (2) Pembatalan sebagaimana dimaksud pada ayat (1) diberitahukan oleh Kepala Badan kepada pemegang Sertifikat secara tertulis.

Ketentuan Penutup

Pasal 16

Peraturan ini mulai berlaku pada tanggal diundangkan. Agar setiap orang mengetahuinya, memerintahkan pengundangan Peraturan ini dengan penempatannya dalam Berita Negara Republik Indonesia.

PENDAHULUAN

Jaminan mutu dan keamanan pangan terus berkembang sesuai dengan persyaratan konsumen, Keamanan pangan merupakan persyaratan utama dan terpenting dari seluruh parameter mutu pangan yang ada. Betapapun tinggi nilai gizi suatu bahan pangan atau makanan, penampilannya baik, juga lezat rasanya, tetapi bila tidak aman, maka makanan tersebut tidak ada nilainya lagi.

Hal ini membawa dampak perubahan mulai dari bisnis pangan tanpa adanya pengawasan, pengawasan produk akhir, hingga pengawasan proses produksi bagi jaminan mutu secara total. Pada tahun-tahun terakhir, konsumen menyadari bahwa mutu pangan khususnya keamanan pangan tidak dapat hanya dijamin dengan hasil uji produk akhir dari laboratorium. Mereka berkeyakinan bahwa produk yang aman didapat dari bahan baku yang ditangani dengan baik, diolah dan didistribusikan dengan baik akan menghasilkan produk akhir yang baik.

Suatu langkah yang tepat untuk mengantisipasi hal tersebut, serta adanya tuntutan dalam pasar bebas, telah dikembangkan suatu sistem jaminan mutu oleh Komite Standar Internasional/ Codex Alimentarius Commission yang telah diakui secara internasional yaitu Sistem Jaminan Mutu berdasarkan HACCP (Hazard Analysis Critical Control Point). Secara umum konsep HACCP ini merupakan suatu sistem jaminan mutu yang menekankan pada pengawasan yang menjamin mutu sejak bahan baku hingga produk akhir.

Pengertian HACCP

HACCP (Hazard Analysis Critical Control Point) adalah suatu sistem jaminan mutu yang mendasarkan kepada kesadaran atau penghayatan bahwa hazard (bahaya) dapat timbul pada berbagai titik atau tahap produksi tertentu tetapi dapat dilakukan pengendalian untuk mengontrol bahaya-bahaya tersebut.

Atau dimanakah letak bahaya dari makanan atau minuman yang dihalikan oleh suatu industri, serta melakukan evaluasi apakah seluruh proses yang dilakukan adalah proses yang aman, dan bagaimana kita mengendalikan ancaman bahaya yang mungkin timbul. Kunci utama HACCP adalah antisipasi bahaya dan identifikasi titik pengawasan yang mengutamakan kepada tindakan pencegahan dari pada mengandalkan kepada pengujian produk akhir. Sistem HACCP bukan merupakan sistem jaminan keamanan pangan yang zero-risk atau tanpa resiko, tetapi dirancang untuk meminimumkan resiko bahaya keamanan pangan. HACCP dapat diterapkan dalam rantai produksi pangan mulai dari produsen utama bahan baku pangan (pertanian), penanganan, pengolahan, distribusi, pemasaran hingga sampai kepada pengguna akhir.

Karena HACCP dikenal sebagai sistem keamanan pangan yang efektif, maka dengan menerapkan HACCP secara konsekuen maka perusahaan jaminan pangan akan dapat memberikan kepercayaan pada pelanggan terhadap jaminan keamanan yang telah dilakukan, dan akan memberikan kesan yang baik bahwa industri pangan yang bersangkutan memenuhi komitmen yang kuat dan profesional dalam menjamin keamanan pangan. Bahkan suatu industri pangan penerap HACCP dapat mendemonstrasikan bahwa sistem keamanan pangannya telah memenuhi persyaratan regulasi pemerintah dalam menjamin masyarakat terhadap kemungkinan timbulnya bahaya keamanan pangan.

Sejarah Perkembangan Perumusan HACCP

Konsep sistem HACCP sebagai penjamin keamanan pangan pertama kali dikembangkan oleh tiga institusi, yaitu perusahaan pengolah pangan Pillsbury Company bekerjasama dengan NASA (The National Aeronautics and Space Administration) dan US Arm's Research, Development and Engineering Center pada dekade tahun 1960-an dalam rangka menjamin suplai persediaan makanan untuk para astronotnya (ADAMS, 1994 ; MOTARJEMI et al, 1996 ; VAIL, 1994). Konsep ini pada permulaannya dikembangkan dengan misi untuk menghasilkan produk pangan dengan kriteria yang bebas dari **bakteri patogen** yang bisa menyebabkan adanya keracunan maupun bebas dari bakteri-bakteri lain serta dikenal pula dengan program "*zero-defects*" (HOBBS, 1991). Program

”zero-defects” ini esensinya mencakup tiga hal, yaitu : pengendalian bahan baku, pengendalian seluruh proses dan pengendalian pada lingkungan produksinya serta tidak hanya mengandalkan pemeriksaan pada produk akhir (finished products) saja. Oleh karena hal tersebut maka diperlukan sistem/metode pendekatan lain yang bisa menjamin bahwa faktor-faktor yang merugikan harus benar-benar dapat diawasi dan dikendalikan. Dari hasil pengkajian, evaluasi dan penelitian yang lebih mendalam ternyata sistem/metode HACCP merupakan satu-satunya konsep yang pas (sesuai) kinerjanya untuk program “zero-defects” tersebut.

Kemudian atas inisiatif perusahaan industri pengolah pangan Pillsbury Company, konsep sistem manajemen HACCP tersebut lalu dipresentasikan dan dipublikasikan pada tahun 1971 dalam Konferensi Perlindungan Pangan Nasional di Amerika Serikat (HOBBS, 1991). Disamping itu, konsep ini menjadi dasar bagi peraturan untuk menjamin keamanan mikrobiologis bagi produk makanan berasam rendah yang dikalengkan dan makanan yang diasamkan dan diproses dengan menggunakan suhu tinggi. Selanjutnya konsep sistem HACCP ini banyak dipelajari, diteliti, diterapkan dan dikembangkan oleh berbagai kalangan industri pengolah pangan, ilmuwan pangan, teknologi pangan, para pakar di bidang ilmu dan teknologi pangan baik yang ada di Universitas/Perguruan Tinggi, lembaga litbang pangan dan lain-lain. bahkan FDA (Food and Drug Administration) sebagai lembaga penjamin mutu dan keamanan pangan nasional yang disegani di Amerika Serikat telah menetapkan dan mensyaratkan agar sistem HACCP ini diterapkan secara **wajib (mandatory)** pada setiap industri pengolah pangan secara luas (PERSON dan CORLET, 1992).

Konsep HACCP ini pun telah mengalami revisi, kajian ulang dan penyempurnaan dari berbagai institusi yang memberikan masukannya seperti National Advisory Committee On Microbiological Criteria on Foods (NACMCF), US Department of Agriculture (USDA), National Academy of Sciences (NAS), USDA Food Safety and Inspection Service (FSIS) (ADAMS, 1994) ; The National Marine Fisheries Institute (NMFS), National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), National Fisheries Institute (NFI) dan FDA sendiri (GARRETT III dan HUDAK-ROSE, 1991). Perkembangan selanjutnya konsep HACCP ini telah banyak diimplementasikan di berbagai jenis operasi pengolahan

pangan termasuk pula pada jasa ”*catering*” dan ”*domestic kitchen*” dan dalam implementasinya biasanya dilakukan validasi dan verifikasi oleh Badan/Lembaga pengawas keamanan pangan.

Kemudian sejak tahun 1985 penerapan sistem HACCP telah diuji-cobakan pada industri pengolah pangan, industri perhotelan, industri penyedia makanan yang beroperasi di jalanan (street food vendors) dan rumah tangga di beberapa negara, misalnya, Republik Dominika, Peru, Pakistan, Malaysia dan Zambia (WHO), 1993). Pada tahun 1993 Badan Konsultasi WHO untuk Pelatihan Implementasi Sistem HACCP pada Industri Pengolah Pangan membuat suatu rekomendasi agar pemerintah sebagai pembina dan industri pangan sebagai produsen pangan berupaya menerapkan sistem HACCP, terutama bagi negara-negara Argentina, Bolivia, China, Indonesia, Jordania, Meksiko, Peru, Philipina, Thailand dan Tunia. Begitu pula negara-negara yang tergabung dalam Masyarakat Ekonomi Eropa (MEE) telah mensyaratkan diterapkannya sistem HACCP pada setiap eksportir produk pangan yang masuk ke negara-negara tersebut. Sementara ini, mulai tanggal 28 Juni 1993, konsep sistem HACCP telah diterima oleh Codex Alimentarius Commission (CAC) dan diadopsi sebagai Petunjuk Pelaksanaan Penerapan Sistem HACCP atau ”Guidelines for Application of Hazard Analysis Critical Control Point System” (CODEX ALIMENTARIUM COMMISSION, 1993). Dengan adanya adopsi dan pengakuan secara resmi dari Badan WHO ini, maka HACCP menjadi semakin populer di kalangan industri dan jasa pengolah pangan sebagai penjamin keamanan pangan (*food safety assurance*).

Sistem HACCP dapat dikatakan pula sebagai alat pengukur atau pengendali yang memfokuskan perhatiannya pada jaminan keamanan pangan, terutama sekali untuk mengeliminasi adanya bahaya (hazard) yang berasal dari bahaya mikrobiologi (biologi), kimia dan fisika ; dengan cara mencegah dan mengantisipasi terlebih dahulu daripada memeriksa/menginspeksi saja.

Sementara itu, tujuan dan sasaran HACCP adalah memperkecil kemungkinan adanya kontaminasi mikroba patogen dan memperkecil potensi mereka untuk tumbuh dan berkembang. Oleh karena itu, secara individu setiap produk dan sistem pengolahannya dalam industri pangan harus mempertimbangkan rencana pengembangan HACCP. Dengan demikian, setiap

produk dalam industri pangan yang dihasilkannya akan mempunyai konsep rencana penerapan HACCP-nya masing-masing disesuaikan dengan sistem produksinya.

Bagi industri pengolahan pangan, sistem HACCP sebagai sistem penjamin keamanan pangan mempunyai kegunaan dalam hal, yaitu :

- 1) Mencegah penarikan produk pangan yang dihasilkan,
- 2) Mencegah penutupan pabrik,
- 3) Meningkatkan jaminan keamanan produk,
- 4) Pembenahan dan pembersihan pabrik,
- 5) Mencegah kehilangan pembeli/pelanggan atau pasar,
- 6) Meningkatkan kepercayaan konsumen dan
- 7) Mencegah pemborosan biaya atau kerugian yang mungkin timbul karena masalah keamanan produk.

Pendekatan HACCP dalam industri pangan terutama diarahkan terhadap produk pangan (makanan) yang mempunyai resiko tinggi sebagai penyebab penyakit dan keracunan, yaitu makanan yang mudah terkontaminasi oleh bahaya mikrobiologi, kimia dan fisika (Tabel 1).

Tingkat resiko kesehatan	Jenis Makanan
Resiko Tinggi	<ul style="list-style-type: none"> • Susu dan produk olahannya • Daging (sapi, ayam, kambing, dsb) dan produk olahannya • Hasil perikanan dan produk olahannya • Sayuran dan produk olahannya • Produk makanan berasan rendah lainnya
Resiko Sedang	<ul style="list-style-type: none"> • Keju • Es krim • Makanan beku • Sari buah beku • Buah-buahan dan sayuran beku • Daging dan ikan beku

Resiko Rendah	<ul style="list-style-type: none"> • Sereal / biji-bijian • Makanan kering • Kopi, the
---------------	---

Untuk memahami konsep HACCP secara menyeluruh diperlukan adanya kesamaan pandangan terhadap beberapa istilah dan definisi yang dipakai dalam sistem manajemen HACCP, yaitu :

1) **Bahaya (*hazard*)**

Bahan biologi, kimia atau fisika, atau kondisi yang dapat menimbulkan resiko kesehatan yang tidak diinginkan terhadap konsumen. Menurut NACMCF (1992) mendefinisikan bahaya atau "hazard" sebagai suatu sifat-sifat biologis/mikrobiologis, kimia, fisika yang dapat menyebabkan bahan pangan (makanan) menjadi tidak aman untuk dikonsumsi.

2) **Titik Kendali (*Control Point = CP*)**

Setiap titik, tahap atau prosedur pada suatu sistem produksi makanan yang dapat mengendalikan faktor bahaya biologi/mikrobiologi, kimia atau fisika.

3) **Titik kendali kritis (*critical control point*)**

Setiap titik, tahap atau prosedur pada suatu sistem produksi makanan yang jika tidak terkendali dapat mengakibatkan resiko kesehatan yang tidak diinginkan **atau** setiap titik, tahap atau prosedur yang jika dikendalikan dengan baik dan benar dapat mencegah, menghilangkan atau mengurangi adanya bahaya.

4) **Batas Kritis (*Critical Limits*)**

Batas toleransi yang harus dipenuhi/dicapai yang menjamin bahwa CCP dapat mengendalikan secara efektif bahaya yang mungkin timbul **atau** suatu nilai yang merupakan batas antara keadaan dapat diterima dan tidak dapat diterima.

5) **Resiko**

Kemungkinan menimbulkan bahaya.

6) **Penggolongan Resiko**

Pengelompokkan prioritas resiko berdasarkan bahaya yang mungkin timbul/ terdapat pada makanan.

7) **Pemantauan (*Monitoring*)**

Pengamanan atau pengukuran untuk menetapkan apakah suatu CCP dapat dikendalikan dengan baik dan benar serta menghasilkan catatan yang teliti untuk digunakan selanjutnya dalam verifikasi.

8) **Pemantauan Kontinyu**

Pengumpulan dan pencatatan data secara kontinyu, misalnya pencatatan suhu pada tabel.

9) **Tindakan Koreksi (*Corrective Action*)**

Prosedur atau tatacara tindakan yang harus dilakukan jika terjadi penyimpangan pada CCP.

10) **Tim HACCP**

Sekelompok orang/ahli yang bertanggung jawab untuk menyusun rancangan HACCP.

11) **Validasi Rancangan HACCP**

Pemeriksaan awal oleh tim HACCP untuk menjamin bahwa semua elemen dalam rancangan HACCP sudah benar

12) **Validasi**

Metode, prosedur dan uji yang dilakukan selain pemantauan untuk membuktikan bahwa sistem HACCP telah sesuai dengan rancangan HACCP, dan untuk menentukan apakah rancangan HACCP memerlukan modifikasi dan revalidasi.

Prinsip Dasar Sistem HACCP

Secara teoritis ada tujuh prinsip dasar penting dalam penerapan sistem HACCP pada industri pangan seperti yang direkomendasikan baik oleh NACMCP (National Advisory Committee on Microbiological Criteria for Foods, 1992) dan CAC (Codex Alimentarius Commission, 1993). Ketujuh prinsip dasar penting HACCP yang merupakan dasar filosofi HACCP tersebut adalah:

1. Analisis bahaya (*Hazard Analysis*) dan penetapan resiko beserta cara pencegahannya.

2. Identifikasi dan penentuan titik kendali kritis (CCP) di dalam proses produksi.
3. Penetapan batas kritis (*Critical Limits*) terhadap setiap CCP yang telah teridentifikasi.
4. Penyusunan prosedur pemantauan dan persyaratan untuk memonitor CCP.
5. Menetapkan/menentukan tindakan koreksi yang harus dilakukan bila terjadi penyimpangan (diviasi) pada batas kritisnya.
6. Melaksanakan prosedur yang efektif untuk pencatatan dan penyimpanan datanya (*Record keeping*).
7. Menetapkan prosedur untuk menguji kebenaran.

Prinsip 1. Analisa bahaya (*hazard analysis*) dan penetapan resiko beserta cara pencegahan

Pendekatan pertama pada konsep HACCP adalah analisis bahaya yang berkaitan dengan semua aspek produk yang sedang diproduksi. Pemeriksaan atau analisis terhadap bahaya ini harus dilaksanakan, sebagai tahap utama untuk mengidentifikasi semua bahaya yang dapat terjadi bila produk pangan dikonsumsi. Analisis bahaya harus dilaksanakan menyeluruh dan realistis, dari bahan baku hingga ke tangan konsumen.

Jenis bahaya yang mungkin terdapat di dalam makanan dibedakan atas tiga kelompok bahaya, yaitu :

(1) Bahaya Biologis/Mikrobiologis, disebabkan oleh bakteri patogen, virus atau parasit yang dapat menyebabkan keracunan, penyakit infeksi atau infestasi, misalnya : *E. coli* patogenik, *Listeria monocytogenes*, *Bacillus* sp., *Clostridium* sp., Virus hepatitis A, dan lain;

(2) Bahaya Kimia, karena tertelannya toksin alami atau bahan kimia yang beracun, misalnya : aflatoksin, histamin, toksin jamur, toksin kerang, alkaloid pirolizidin, pestisida, antibiotika, hormon pertumbuhan, logam-logam berat (Pb, Zn, Ag, Hg, sianida), bahan pengawet (nitrit, sulfit), pewarna (amaranth, rhodamin B, methanyl jellow), lubrikan, sanitizer, dan sebagainya

(3) Bahaya Fisik, karena tertelannya benda-benda asing yang seharusnya tidak boleh terdapat di dalam makanan, misalnya : pecahan gelas, potongan kayu, kerikil, logam, serangga, potongan tulang, plastik, bagian tubuh (rambut), sisik, duri, kulit dan lain-lain.

Agar analisis bahaya ini dapat benar-benar mencapai hasil yang dapat menjamin semua informasi mengenai bahaya dapat diperoleh, maka analisis bahaya harus dilaksanakan secara sistematis dan terorganisasi.

Ada tiga elemen dalam analisa bahaya yaitu :

- 1) Menyusun Tim HACCP.
- 2) Mendefinisikan produk : cara produk dikonsumsi dan sifat-sifat negatif produk yang harus dikontrol dan dikendalikan.
- 3) Identifikasi bahaya pada titik kendali kritis dengan mempersiapkan diagram alir proses yang teliti sesuai dengan keadaan yang sebenarnya, untuk menghasilkan suatu produk.

Prinsip II. Identifikasi dan Penentuan Titik Kendali Kritis (CCP)

di dalam Proses Produksi Titik kendali kritis (CCP) didefinisikan sebagai suatu titik lokasi, setiap langkah/tahap dalam proses, atau prosedur, apabila tidak terkontrol (terawasi) dengan baik, kemungkinan dapat menimbulkan tidak amannya makanan, kerusakan (spoilage), dan resiko kerugian ekonomi. CCP ini ditentukan setelah diagram alir proses produksi yang sudah teridentifikasi potensi bahaya pada setiap tahap produksi dengan menjawab pertanyaan "Apakah pengawasan/pengendalian kritis dari bahaya (hazard) terjadi pada tahap ini atau yang lain; apabila pengawasan/pengendalian pada tahap tertentu gagal apakah langsung menghasilkan bahaya yang tak diinginkan, kerusakan dan kerugian secara ekonomi". Harus diperhatikan titik kendali (CP) tidaklah sama dengan titik kendali kritis (CCP).

Secara sistematis untuk mengidentifikasi dan mengenali setiap titik kendali kritis (CCP) dapat dilakukan dengan **metode alur keputusan** atau **CCP Decision Tree**.

Prinsip III. Penetapan Batas Kritis (Critical Limits) Terhadap Setiap CCP yang telah Teridentifikasi:

Setelah semua CCP dan parameter pengendali yang berkaitan dengan setiap CCP teridentifikasi. Tim HACCP harus menetapkan batas kritis untuk setiap CCP. Biasanya batas kritis untuk bahaya biologis/mikrobiologis, kimia dan fisika untuk setiap jenis produk berbeda satu sama lainnya. Batas kritis didefinisikan sebagai batas toleransi yang dapat diterima untuk mengamankan

bahaya, sehingga titik kendali dapat mengendalikan bahaya kesehatan secara cermat dan efektif. Batas kritis yang sudah ditetapkan ini tidak boleh dilanggar atau dilampaui nilainya, karena bila suatu nilai batas kritis yang dilanggar dan kemudian titik kendali kritisnya lepas dari kendali, maka dapat menyebabkan terjadinya bahaya terhadap kesehatan konsumen.

Beberapa contoh batas kritis yang perlu ditetapkan sebagai alat pencegah timbulnya bahaya, misalnya adalah ; suhu dan waktu maksimal untuk proses thermal, suhu maksimal untuk menjaga kondisi pendinginan, suhu dan waktu tertentu untuk proses sterilisasi komersial, jumlah residu pestisida yang diperkenankan ada dalam bahan pangan., pH maksimal yang diperkenankan, bobot pengisian maksimal, viskositas maksimal yang diperkenankan dan sebagainya. Selain batas kritis untuk residu pestisida yang berasal dari komoditas pertanian, batas kritis bahan kimia lain yang berpotensi sebagai bahaya kimia juga harus ditetapkan. Dalam hal ini tim HACCP harus menggunakan peraturan-peraturan yang sudah ditetapkan sebagai panduan dalam menetapkan batas kritis untuk semua Bahan Tambah Makanan (BTM), termasuk bahan kimia yang digunakan dalam bahan pengemas yang bersentuhan dengan produk pangan.

Batas kritis untuk setiap CCP perlu didokumentasikan. Dokumentasi ini harus dapat menjelaskan bagaimana setiap batas kritis dapat diterima dan harus disimpan sebagai bagian dari rencana formal HACCP.

Prinsip IV : penyusun prosedur pemantauan dan persyaratannya untuk monitor CCP-nya: Setelah prinsip III dilengkapi dengan penetapan batas kritis untuk semua CCP, tim HACCP harus menetapkan persyaratan monitoring untuk setiap CCP-nya.

Monitoring merupakan rencana pengawasan dan pengukuran berkesinambungan untuk mengetahui apakah suatu CCP dalam keadaan terkendali dan menghasilkan catatan (record) yang tepat untuk digunakan dalam verifikasi nantinya. Kegiatan monitoring ini mencakup : (1) Pemeriksaan apakah prosedur penanganan dan pengolahan pada CCP dapat dikendalikan dengan baik ; (2) Pengujian atau pengamatan terjadwal terhadap efektifitas suatu proses untuk mengendalikan CCP dan batas kritisnya ; (3) Pengamatan atau pengukuran batas kritis untuk memperoleh data yang teliti, dengan tujuan untuk menjamin bahwa

batas kritis yang ditetapkan dapat menjamin keamanan produk (CORLETT, 1991).

Cara dan prosedur monitoring untuk setiap CCP perlu diidentifikasi agar dapat memberi jaminan bahwa proses pengendalian pengolahan produk pangan masih dalam batas kritisnya dan dijamin tidak ada bahayanya. Dalam hal ini, metode, prosedur dan frekuensi monitoring serta kemampuan hitungannya harus dibuat daftarnya pada lembaran kerja HACCP.

Prosedur dan metode monitoring harus efektif dalam memberi jaminan keamanan terhadap produk pangan yang dihasilkan. Idealnya, monitoring pada CCP dilakukan secara kontinyu hingga dicapai tingkat kepercayaan 100 persen. Namun bila hal ini tidak memungkinkan, dapat dilakukan monitoring secara tidak kontinyu dengan syarat terlebih dahulu harus ditetapkan interval waktu yang sesuai sehingga keamanan pangan benar-benar terjamin. Biasanya agar pengukurannya dapat dilakukan secara cepat dan tepat, monitoring dilakukan dengan cara pengujian yang bersifat otomatis dan tidak memerlukan waktu yang lama. Oleh karena itu, pengujian dengan cara analisis mikrobiologis jarang digunakan sebagai prosedur monitoring. Beberapa contoh pengukuran dalam pemantauan (monitoring) adalah : observasi secara visual dan pengamatan langsung (misal : kebersihan lingkungan pengolahan, penyimpanan bahan mentah), pengukuran suhu dan waktu proses, pH, kadar air dsb.

Prinsip V: Melaksanakan tindakan koreksi yang harus dilakukan bila terjadi penyimpangan (deviasi) pada batas kritis yang telah ditetapkan:

Meskipun sistem HACCP sudah dirancang untuk dapat mengenali kemungkinan adanya bahaya yang berhubungan dengan kesehatan dan untuk membangun strategi pencegahan preventif terhadap bahaya, tetapi kadang-kadang terjadi pula penyimpangan yang tidak diharapkan. Oleh karena itu, jika dari hasil pemantauan (monitoring) ternyata menunjukkan telah terjadi penyimpangan terhadap CCP dan batas kritisnya, maka harus dilakukan tindakan koreksi (corrective action) atau perbaikan dari penyimpangan tersebut.

Tindakan koreksi adalah prosedur proses yang harus dilaksanakan ketika kesalahan serius atau kritis ditemukan dan batas kritisnya terlampaui. Dengan demikian, apabila terjadi kegagalan dalam pengawasan pada CCP-nya, maka

tindakan koreksi harus segera dilaksanakan. Tindakan koreksi ini dapat berbeda-beda tergantung dari tingkat resiko produk, yaitu semakin tinggi resiko produk semakin cepat tindakan koreksi harus dilakukan (Tabel 2.).

Tingkat Resiko	Tindakan Koreksi
A. Produk Beresiko Tinggi	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Produk tidak boleh diproses/diproduksi sebelum semua penyimpangan dikoreksi/diperbaiki. ➤ Produk ditahan/tidak dipasarkan, dan diuji keamanannya. ➤ Jika keamanan produk tidak memenuhi persyaratan, perlu dilakukan tindakan koreksi/perbaikan yang tepat.
B. Produk Beresiko Sedang	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Produk dapat diproses, tetapi penyimpangan harus diperbaiki dalam waktu singkat (dalam beberapa hari/minggu). ➤ Diperlukan pemantauan khusus sampai semua penyimpangan dikoreksi /diperbaiki.
C. Produk Beresiko Rendah	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Produk dapat diproses ➤ Penyimpangan harus dikoreksi/diperbaiki jika waktu memungkinkan ➤ Harus dilakukan pengawasan rutin untuk menjamin bahwa status resiko rendah tidak berubah menjadi resiko sedang atau tinggi.

Tindakan koreksi di sini harus dapat mengurangi atau mengeliminasi potensi bahaya dan resiko yang terjadi, ketika batas kritis terlampaui pada CCP-nya sehingga dapat menjamin bahwa disposisi produk yang tidak memenuhi, tidak mengakibatkan potensi bahaya baru. Setiap tindakan koreksi dilaksanakan, harus didokumentasikan dengan tujuan untuk modifikasi suatu proses atau pengembangan lainnya.

Prinsip VI. Membuat Prosedur Pencatatan dan Penyimpanan Data yang Efektif dalam Sistem Dokumentasi HACCP.

Sistem dokumentasi dalam sistem HACCP bertujuan untuk :

(1) Mengarsipkan rancangan program HACCP dengan cara menyusun catatan yang teliti dan rapih mengenai seluruh sistem dan penerapan HACCP ;

(2) Memudahkan pemeriksaan oleh manager atau instansi berwenang jika produk yang dihasilkan diketahui atau diduga sebagai penyebab kasus keracunan makanan.

Berbagai keterangan yang harus dicatat untuk dokumentasi sistem dan penerapan HACCP mencakup :

- Judul dan tanggal pencatatan
- Keterangan produk (kode, tanggal dan waktu produksi)
- Karakteristik produk (penggolongan resiko bahaya)
- Bahan serta peralatan yang digunakan, termasuk : bahan mentah, bahan tambahan, bahan pengemas dan peralatan penting lainnya.
- Tahap/bagan alir proses, termasuk : penanganan dan penyimpanan bahan, pengolahan, pengemasan, penyimpanan produk dan distribusinya.
- Jenis bahaya pada setiap tahap
- CCP dan batas kritis yang telah ditetapkan
- Penyimpangan dari batas kritis
- Tindakan koreksi/perbaikan yang harus dilakukan jika terjadi penyimpangan, dan karyawan/petugas yang bertanggung jawab untuk melakukan koreksi/ perbaikan.

Prinsip VII. Membuat Prosedur untuk Memverifikasi bahwa Sistem HACCP Bekerja dengan Benar.

Prosedur verifikasi dibuat dengan tujuan : (1) Untuk memeriksa apakah program HACCP telah dilaksanakan sesuai dengan rancangan HACCP yang ditetapkan dan (2) Untuk menjamin bahwa rancangan HACCP yang ditetapkan masih efektif dan benar. Hasil verifikasi ini dapat pula digunakan sebagai informasi tambahan dalam memberikan jaminan bahwa program HACCP telah terlaksana dengan baik.

Verifikasi mencakup berbagai kegiatan evaluasi terhadap rancangan dan penerapan HACCP, yaitu :

- Penetapan jadwal verifikasi yang tepat
- Pemeriksaan kembali (review) rancangan HACCP
- Pemeriksaan atau penyesuaian catatan CCP dengan kondisi proses sebenarnya
- Pemeriksaan penyimpangan terhadap CCP dan prosedur koreksi/perbaikan yang harus dilakukan.
- Pengambilan contoh dan analisis (fisik, kimia dan/atau mikrobiologis) secara acak pada tahap-tahap yang dianggap kritis.
- Catatan tertulis mengenai : kesesuaian dengan rancangan HACCP, penyimpangan terhadap rancangan HACCP, pemeriksaan kembali diagram alir dan CCP.
- Pemeriksaan kembali modifikasi rancangan HACCP (CORLETT, 1991). Sementara itu, jadwal kegiatan verifikasi dapat dilakukan pada saat-saat tertentu, yaitu :
 - Secara rutin atau tidak terduga untuk menjamin bahwa CCP yang ditetapkan masih dapat dikendalikan.
 - Jika diketahui bahwa produk tertentu memerlukan perhatian khusus karena informasi terbaru tentang keamanan pangan.
 - Jika produk yang dihasilkan diketahui atau diduga sebagai penyebab keracunan makanan.
 - Jika kriteria yang ditetapkan dalam rancangan HACCP dirasakan belum mantap, atau jika ada saran dari instansi yang berwenang.

DAFTAR PUSTAKA

- Achmad Djaeni Sediaoetama: Ilmu Gizi, Penerbit Dian Rakyat, Jakarta 1989.
- Almatsier Sunita. *Prinsip Dasar Ilmu Gizi*. 2004. PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Asmadi dkk. (2011). *Teknologi Pengolahan Air Minum*. Yogyakarta: Gosyen Publishing
- Azizahwati, Maryati Kurniadi, dan Heidi Hidayati. 2007. *Analisis Zat Warna Sintetik Terlarang untuk Makanan yang Beredar Di Pasaran*. Depok: Universitas Indonesia.
- Bagian Gizi R.S Dr. Cipto Mangunkusomo dan Persatuan Ahli Gizi Indonesia, Penuntun Diit, Penerbit PT Gramedia Pustaka Utama, Jakarta Edisi kedua, Jakarta 1996.
- Bagian Gizi R.S Dr. Cipto Mangunkusomo dan Persatuan Ahli Gizi Indonesia, Penuntun Diit, Penerbit PT Gramedia Pustaka Utama, Jakarta Edisi kedua, Jakarta 1996.
- Cahyadi, W. 2006. *Analisis dan Aspek Kesehatan Bahan Tambahan Pangan*. Jakarta : Bumi Aksara.
- Cahyadi., W. 2008. *Analisi dan Aspek Kesehatan Bahan Tambahan Manakan*. Jakarta. Bumi Aksara.
- Champe P C PhD , Harvey R A PhD. Lippincott's Illustrated Reviews: Biochemistry 2nd .1994 , page 171 – 186.
- Champe P C PhD , Harvey R A PhD. Lippincott's Illustrated Reviews: Biochemistry 2nd .1994 , page 171 – 186.
- Crocker, O. L. and Leung Chiu, J. S., 1984, *Quality Circles, A Guide to Participation and Productivity*, Methuen, Torontoa.
- Deviyanti. (2010). *Catatan Kimia. Teknik Analisa Pewarna Makanan*.
- Djoko Pekik Irianto. (2006). *Gizi Olahraga*. Yogyakarta: UNY Juli Soemirat Slamet. (1994). *Kesehatan Lingkungan*. Yogyakarta: Gajah Mada University Press
- Donald S. McLaren: *Nutrition and its Disorders*, Churchill Livingstone Edinburgh London Melbourne and New York, Third Edition 1981.
- Donald S. McLaren: *Nutrition and its Disorders*, Churchill Livingstone Edinburgh London Melbourne and New York, Third Edition 1981.

- Dr. Ir. Wisnu Cahyadi, M.Si. 2012. *Analisis dan Aspek Kesehatan Bahan Tambahan Pangan*. Jakarta: Bumi Aksara.
- Eleanor R. Williams: Nutrition, Principles, Issues, and Applications. McGraw-Hill Book Company, New York copyright 1984.
- Eleanor R. Williams: Nutrition, Principles, Issues, and Applications. McGraw-Hill Book Company, New York copyright 1984.
- Estiasih, T., dkk. 2016. Kimia dan Fisik Pangan. Bumi Aksara. Jakarta.
- F.G. Winarno.1992.Kimia Pangan dan Gizi.Jakarta:PT Gramedia Pustaka Utama. Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia. Jakarta.
- Fatchiyah, E.L., Arumingtyas S., Widyarti, & Rahayu, S. 2011. Biologi molekuler prinsip dasar analisis. Jakarta:Penerbit Erlangga.
- Fergus M.Clydesdale: Food Nutrition and Health, The A VI Publishing Company Inc. WeStport, Connecticut 1995.
- Fergus M.Clydesdale: Food Nutrition and Health, The A VI Publishing Company Inc. WeStport, Connecticut 1995
- Gandy, J.W., dkk. 2014. Gizi dan Dietetika Edisi 2. EGC. Jakarta.
- Hazard analysis critical control point' (HACCP) dan implementasi dalam industri pangan, Indonesia.
- Herawati, Dian,STP,Msi,dkk. *Analisa Pangan*. 2011.Dian rakyat. Jakarata 13930.
- Hermawan thaheer.2008. Sistem Manajemen HACCP. Jakarta: Bumi Aksara.
- Hicks, Philips E., 1994, Industrial Engineering and Management, A New Perspective, 2nd ed., McGraw-Hill Book Co., Singapore.
- <https://hellosehat.com/hidup-sehat/kecantikan/manfaat-air-untuk-kecantikan-kulit/>
University of Wisconsin Madison. UWHealth. The Benefits of Drinking Water for Your Skin Bintang, M. 2010. Biokimia Teknik Penelitian. Erlangga. Jakarta.
- <https://mtcdempet.wordpress.com/.../makalah-tentang-bahaya-zat-pewarna-makanan/diakses tanggal 28 maret 2018.>
- Juli Soemirat Slamet. (1994). Kesehatan Lingkungan. Yogyakarta: Gajah Mada University Press

- K.A.Buckle,R.A.Edwards,G.H.Fleet,M.Wootton.penerjemah Hari Purnomo.1987.
Ilmu Pangan. Jakarta:Universitas Indonesia (UI Press).
- Lehninger A, Nelson D , Cox M M .Principles of Biochemistry 2 nd 1993.
- Lehninger A, Nelson D , Cox M M .Principles of Biochemistry 2 nd 1993.
- Mahasiswa Analis. ANDI. Yogyakarta.
- Meyer, L.H., 1966 food chemistry,4th ed., reinondold pibhlishing corp.,New York.
- Muchtadi Deddy,Ms. *Penghantar Ilmu Gizi*. 2009. Penerbit Alfabeta , Bandung.
- Muchtadi, M.S. 2010. Teknik Evaluasi Nilai Gizi Protein. ALFABETA. CV.
- Muchtadi, T.R., et al. 2010. Teknologi Proses Pengolahan Pangan. ALFABETA, CV. IPB. Bogor.
- Murray R K, et al. Harper's Biochemistry 25th ed. Appleton & Lange. America 2000, page.
- Murray R K, et al. Harper's Biochemistry 25th ed. Appleton & Lange. America 2000, page.
- Ngili, Yohanis. 2013. Biokimia Dasar. Bandung: Rekayasa Sains.
- Nugraheni, Mutiara. 2012. *Pewarna Alami Makanan Dan Potensi Fungsionalnya*. Yogyakarta : Universitas Negeri Yogyakarta.
- Peraturan Menteri Kesehatan R.I. No.329/menkes/PER/XII/76.
- Probosari, E. 2019. Pengaruh Protein Diet Terhadap Indeks Glikemik. Vol.7 No.1 Achmad Djaeni Sediaoetama: Ilmu Gizi, Penerbit Dian Rakyat, Jakarta 1989.
- R.M Moerdowo: Spektrum Diabetes Mellitus, Penerbit Djambatan, Jakarta 1989.
- R.M Moerdowo: Spektrum Diabetes Mellitus, Penerbit Djambatan, Jakarta 1989.
- Rini Sasanti Handayani,Sudiby Supardi,Andi Leny Susyanty.2018.Pangan Olahan dan Regulasinya.Jakarta:PT Trans Info Media
- Rohman Abdul,dkk. *Analisa Makanan*. 2007.Gajah Mada University Yogyakarta.
- Santoso B., Hardinsyah, Siregar P, Pardede S. 2017
- Stebbing, Lionel, 1993, Quality Assurance, The Route to Efficiency and Competitiveness, 3rd ed., Ellis Horwood, London.

- Stryer L .1995. Biochemistry 4th , page 603 – 62.
- Stryer L .1995. Biochemistry 4th , page 603 – 623.
- Taguchi, G., Elsayed, E. A and Hsiang, T. C., Quality Engineering in Production Systems, McGraw Hill Book Co., Singapore.
- Tirtawinata, T. 2006. Makanan dalam Perspektif Al-Qur'an dan Ilmu Gizi.
- Tjahjanto Prasetyono. .Implementasi GMP dan HACCP dalam Menunjang Quality Assurance Industri Pangan, Indonesia.
- Wahlqvist, Mark L, 1981. Food and nutrition in australia, Cassell, australia.
- Winarno, F., G., dan Rahayu. 1994. Bahan Tambahan Makanan Untuk Pangan dan Kontaminan. Cet 1. Jakarta. Pustaka Sinar Harapan.
- Winarno, F.G. ., 1980. Enzim Pangan, pusbangtepa/FTDC –IPB.
- Winarno. 1995. *Kimia Pangan dan Gizi*. PT. Gramedia Pustaka Utama : Jakarta
- Winarno.F.G. *Kimia Pangan dan Gizi*. 1992. PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Yazid, E dan Lisda Nursanti. 2006. Penuntun Praktikum Biokimia untuk