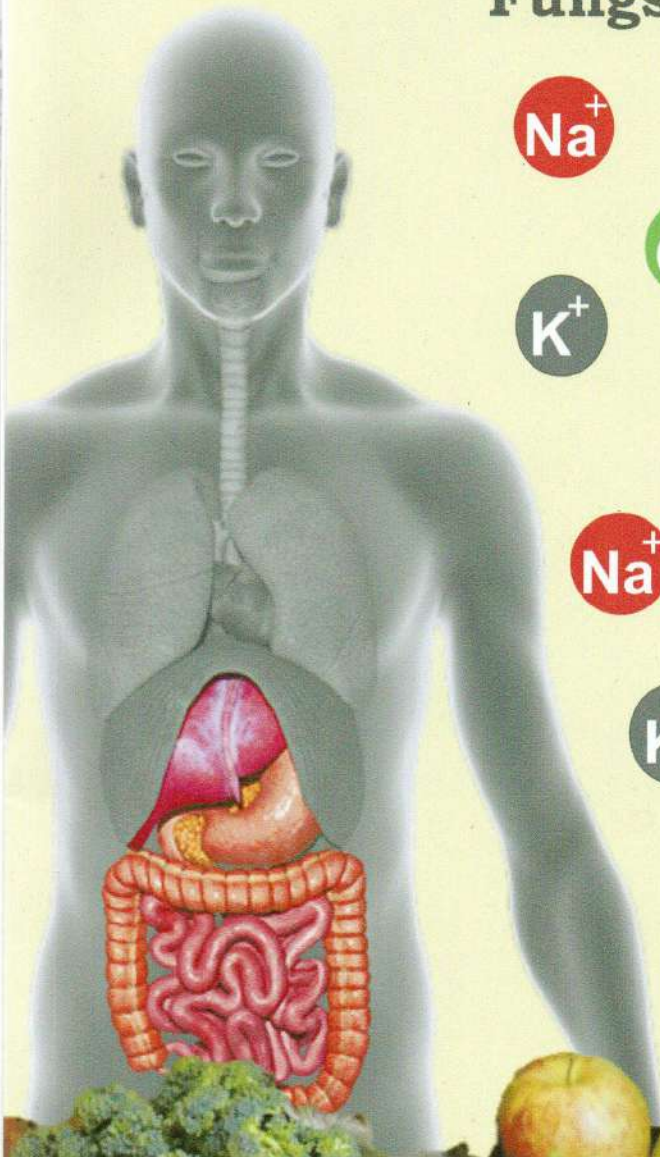


MINERAL

Fungsi dan Metabolisme



Rudiana Agustini





Prof. Dr. Rudiana Agustini, M.Pd. dosen di Jurusan Kimia FMIPA Universitas Negeri Surabaya sejak tahun 1990 sampai sekarang, mengajar Biokimia dan Mikrobiologi. Penulis menempuh pendidikan S1 Pendidikan Biologi di IKIP Surabaya lulus pada tahun 1984, S2 Pendidikan Biologi di IKIP Malang lulus pada tahun 1988 dan Pendidikan S3 MIPA di Universitas Airlangga pada tahun 2003. Sejak tahun 2013 sampai sekarang, penulis sebagai staff pengajar di Program Studi S2 dan S3 Pendidikan Sains Universitas Negeri Surabaya.

Penerbit Karunia

ISBN 978-979-9039-95-8



9 789799 039958

MINERAL FUNGSI DAN METABOLISMENYA

Rudiana Agustini

Penerbit Karunia

Hak Cipta Buku pada Penerbit
Dilindungi Undang-Undang

MINERAL Fungsi dan Metabolismenya

Oleh :
Rudiana Agustini

Desain Cover :
Rudiana Agustini

Katalog Dalam Terbitan
Rudiana Agustini

Mineral Fungsi dan Metabolismenya
Cet. I.- Surabaya : Karunia Surabaya, 28/10/2019
i +163 him.;ilus.; 17,6 mm x 25 mm
ISBN : 978-979-9039-95-8

Hak cipta dilindungi oleh undang-undang.

Dilarang mengutip atau memperbanyak sebagian atau seluruhnya isi buku ini tanpa izin tertulis dari penulis dan penerbit.

Isi di luar tanggung jawab percetakan

Ketentuan pidana Pasal 72 UU No. 19 tahun 2002

- (1) Barang siapa dengan sengaja dan tanpa hak melakukan perbuatan sebagaimana dimaksud dalam Pasal 2 ayat (1) atau Pasal 49 ayat (1) dan ayat (2) dipidana dengan pidana penjara masing-masing paling singkat 1 (satu) bulan dan/atau denda paling sedikit Rp1.000.000,00 (satu juta rupiah), atau pidana penjara paling lama 7 (tujuh) tahun dan/atau denda paling banyak Rp5.000.000.000,00 (lima miliar rupiah).
- (2) Barang siapa dengan sengaja menyiarkan, memamerkan, mengedarkan, atau menjual kepada umum suatu ciptaan atau barang hasil pelanggaran Hak Cipta atau Hak Terkait sebagaimana dimaksud pada ayat (1) dipidana dengan pidana penjara paling lama 5 (lima) tahun dan/atau denda paling banyak Rp500.000.000,00 (lima ratus juta rupiah).

Penerbit KARUNIA
Jl. Peneleh No.18 Surabaya - 60274
Email : karuniasby@gmail.com
Anggota IKAPI No.034/JTI/69

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	ii
DAFTAR ISI.....	iii
BAB I MINERAL.....	1
A. PENGERTIAN MINERAL.....	1
B. FUNGSI MINERAL.....	2
C. KLASIFIKASI MINERAL.....	4
D. SUMBER MINERAL.....	5
E. METABOLISME MINERAL.....	7
F. PENENTUAN MINERAL DALAM BAHAN PANGAN.....	12
BAB II MAKROMINERAL.....	13
A. NATRIUM.....	13
B. KALIUM.....	22
C. KALSIMUM.....	30
D. KLORIDA.....	54
E. FOSFOR.....	57
F. MAGNESIUM.....	65
G. SULFUR.....	77
BAB III MIKROMINERAL.....	88
A. Besi (Fe).....	88
B. Seng (Zn).....	97
C. Iodium (I).....	105
D. Selenium (Se).....	111
E. Tembaga (Cu).....	120
F. Mangan.....	128
G. Fluor.....	135
H. Kobalt (Co).....	142
I. Kromium (Cr).....	147
DAFTAR PUSTAKA.....	157

BAB I

MINERAL

A. Pengertian Mineral

Selain vitamin pada makanan, manusia dan hewan memerlukan sejumlah unsur kimiawi dalam bentuk anorganik untuk pertumbuhan dan fungsi biologi yang normal. Salah satunya adalah mineral, mineral menempati 4% bagian dari penyusun tubuh manusia. Mineral adalah nutrien (zat gizi) esensial yang dibutuhkan oleh manusia dalam jumlah kecil, supaya tubuh dapat menjalankan fungsinya dengan baik.

Mineral merupakan komponen inorganik yang terdapat dalam tubuh manusia. Dalam Poedjiadi (2009), yang dimaksud dengan mineral adalah unsur-unsur yang berada dalam bentuk sederhana. Dalam ilmu gizi mineral biasa disebut unsur-unsur mineral atau nutrien/zat gizi anorganik. Istilah mineral dapat mempunyai bermacam-macam makna, sukar untuk mendefinisikan mineral dan oleh karena itu kebanyakan orang mengatakan, bahwa mineral ialah satu frase yang terdapat dalam alam. Pandangan Nutrisi menyebutkan bahwa mineral adalah bahan anorganik yang dibutuhkan untuk proses kehidupan baik dalam bentuk ion atau elemen bebas.

B. Fungsi Mineral

Mineral yang kita butuhkan dapat ditemukan dalam makanan. Dalam berbagai macam makanan, seperti daging, sereal, ikan, susu, sayur mayur, buah-buahan dan kacang-kacangan dapat kita temukan mineral dalam berbagai jumlah. Mineral memiliki fungsi, yaitu:

1. Sebagai bagian pembentukan struktur kerangka tubuh atau farmasi struktur skeleton jenis mineral yang terbanyak adalah kalsium dan fosfor yang terdapat pada kerangka tubuh dan gigi

2. Mempertahankan tingkat koloidal cairan tubuh dan mengatur beberapa sifat fisik sistem koloid, seperti tekanan osmotik, viskositas, difusi
3. Regulasi keseimbangan asam basa. Ion-ion anorganik membantu mengatur keseimbangan asam basa. Untuk mempertahankan aktivitas organisme secara normal maka pH darah dan cairan-cairan tubuh lainnya harus tetap dalam kisaran yang relatif sempit
4. Komponen dari hormon
5. Komponen atau aktivator enzim atau sebagai kofaktor
6. Mengontrol keseimbangan cairan di dalam dan di luar sel
7. Berperan dalam proses pembentukan energi dari makanan
8. Sebagai katalist berbagai reaksi biokimawi dlm tubuh
9. Transmisi sinyal / pesan pada sel saraf

C. Klasifikasi Mineral

Berdasarkan jumlah kebutuhan dalam tubuh, mineral dapat dibedakan menjadi dua, yaitu makromineral dan mikromineral.

1. **Makromineral** adalah mineral yang diperlukan tubuh dalam jumlah besar. Makroelemen meliputi kalium (K), kalsium (Ca), natrium (Na), fosfor (P), magnesium (Mg), belerang (S), dan klor (Cl).
2. **Mikromineral** yaitu mineral yang diperlukan tubuh dalam jumlah sedikit. Misalnya besi (Fe), seng (Zn), iodium (I), selenium (Se), tembaga (Cu), mangan (Mn), kobalt (Co), dan kromium (Cr) dan flour (F).

BAB II

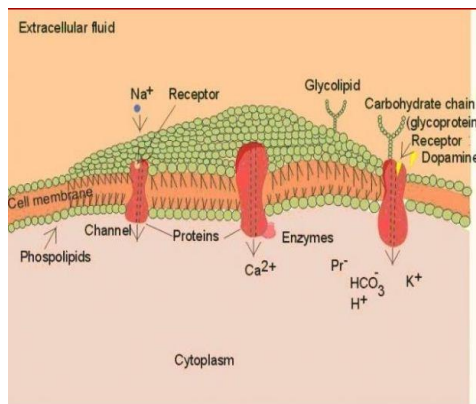
MAKROMINERAL

A. Natrium

1. Penjelasan

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.

2. Fungsi



Gambar 2. 1 Fungsi dan Peranan Natrium

Fungsi dan peranan natrium bagi tubuh yaitu, sebagai kation utama dalam cairan ekstra seluler, natrium menjaga keseimbangan cairan dalam kompartemen tersebut. Natrium sebagian besar mengatur tekanan osmosis yang menjaga cairan tidak keluar dari darah dan masuk kedalam sel - sel. Keseimbangan cairan juga akan terganggu bila seseorang kehilangan natrium.

3. Metabolisme

Natrium diabsorpsi di usus halus secara aktif (membutuhkan energi), lalu dibawa oleh aliran darah ke ginjal untuk disaring kemudian dikembalikan ke aliran darah dalam jumlah cukup untuk mempertahankan taraf natrium dalam darah. Kelebihan natrium akan dikeluarkan melalui urin yang diatur oleh

hormone aldosteron yang dikeluarkan oleh kelenjar adrenal jika kadar natrium darah menurun.



Gambar 2.2 Metabolisme Natrium

4. Kekurangan dan kelebihan

- Kekurangan: kekurangan natrium menyebabkan kejang dan kehilangan nafsu makan. Kekurangan natrium dapat terjadi sesudah muntah, diare, keringat berlebihan dan bila menjalankan diet yang sangat terbatas dalam natrium.
- Kelebihan: kelebihan natrium dapat menimbulkan keracunan yang dalam keadaan ikut menyebabkan adema dan hipertensi. Kelebihan konsumsi terus menerus dalam bentuk garam dapur dapat menyebabkan hipertensi. Jadi, taksiran kebutuhan untuk orang dewasa yaitu 500 mg/hari.

5. Sumber

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.



Gambar 2.3 Sumber Natrium dalam Buah

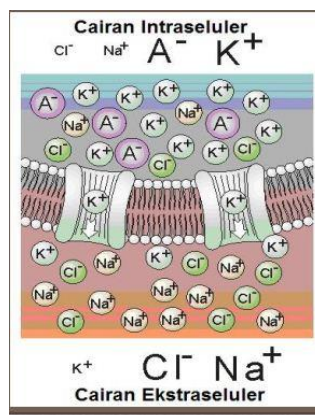
B. Kalium

1. Penjelasan

Kalium merupakan ion yang bermuatan positif dan terdapat di dalam sel dan cairan intraseluler. Kalium adalah unsur teringan yang mengandung isotop radioaktif alami.

2. Fungsi

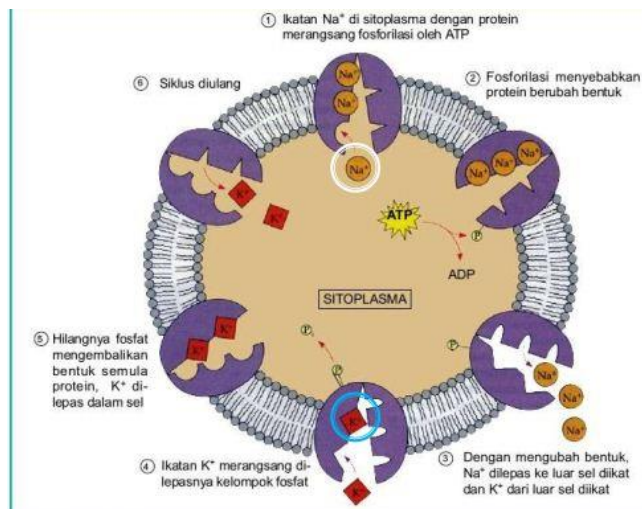
Berperan dalam pemeliharaan keseimbangan cairan dan elektrolit serta keseimbangan asam dan basa bersama natrium. Bersama kalsium, kalium berperan dalam transmisi saraf dan kontraksi otot. Di dalam sel, kalium berfungsi sebagai katalisator dalam banyak reaksi biologis, terutama metabolisme energi dan sintesis glikogen dan protein.



Gambar 2.4 Mekanisme Kalium dalam Keseimbangan Cairan Tubuh

3. Metabolisme

Kalium diabsorpsi dengan mudah dalam usus halus. Kalium dieksresi melalui urin, feses, keringat dan cairan lambung. Taraf kalium normal darah dipelihara oleh ginjal melalui kemampuannya menyaring, mengabsorpsi kembali dan mengeluarkan kalium di bawah pengaruh aldosteron. Kalium dikeluarkan dalam bentuk ion dengan menggantikan ion natrium melalui mekanisme pertukaran di dalam tubula ginjal.



Gambar 2.5 Metabolisme Kalium

4. Kekurangan dan kelebihan

- Kekurangan: 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: kelebihan kalium akut dapat terjadi bila konsumsi melebihi 12 g/m² permukaan tubuh sehari tanpa diimbangi oleh kenaikan ekskresi. Hiperkalemia akut dapat menyebabkan gagal jantung yang berakibat

kematian. Kelebihan kalium dapat terjadi bila ada gangguan fungsi ginjal. Jadi, kebutuhan minimum kalium sekitar 2000 mg sehari.

5. Sumber

Kalium berasal dari tumbuh-tumbuhan dan hewan. Sumber utama adalah makanan segar/ mentah, terutama buah, sayuran dan kacang-kacangan.



Gambar 2.6 Sumber Kalium dalam Makanan

C. Kalsium

1. Penjelasan

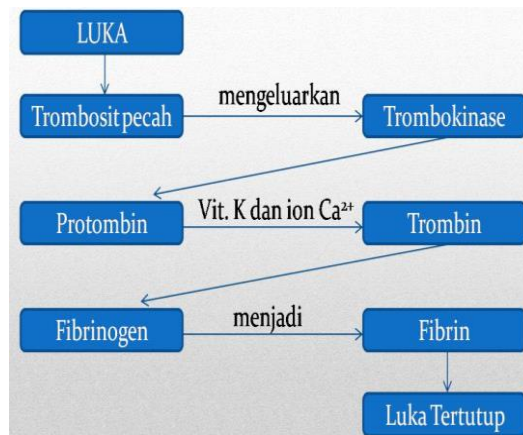
Kalsium merupakan mineral yang paling banyak dalam tubuh yang berada dalam jaringan keras yaitu tulang dan gigi. Di dalam cairan ekstraseluler dan intraseluler, kalsium berperan penting dalam mengatur fungsi sel, seperti untuk transmisi saraf, kontraksi otot, penggumpalan darah dan menjaga permeabilitas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

2. Fungsi

- a. Pembentukan tulang dan gigi; mineral yang membentuk dentin dan email yang merupakan bagian dari tangan dan luar gigi adalah mineral yang sama dengan yang membentuk tulang, akan tetapi kristal dalam gigi lebih padat dan kadar airnya lebih rendah.
- b. Kalsium dalam tulang berguna sebagai bagian integral dari struktur tulang dan sebagai tempat menyimpan kalsium.
- c. Katalisator reaksi biologi; kalsium berfungsi sebagai katalisator berbagai reaksi biologik, seperti absorpsi vitamin B₂, tindakan enzim pemecah lemak,

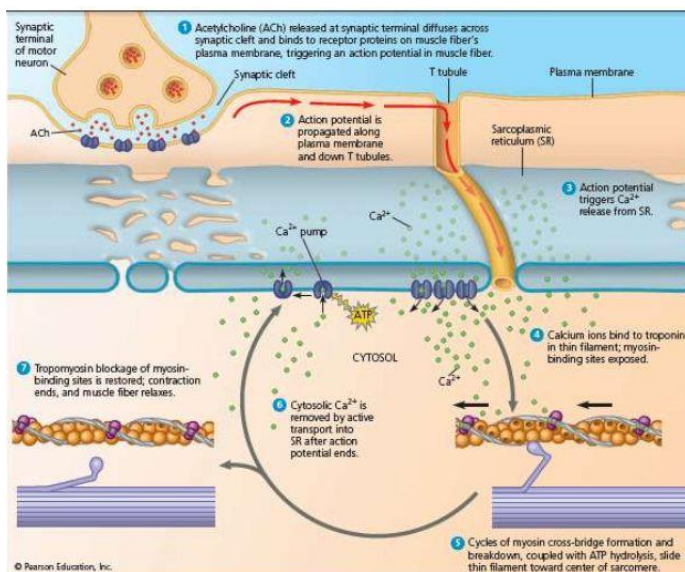
lipase pankreas, ekskresi insulin oleh pankreas, pembentukan dan pemecahan asetilkolin.

- d. Mengatur pembekuan darah; apabila terjadi luka ion kalsium dalam darah merangsang pembesaran fosfolida tromboplastin dari platelet darah yang terluka.



Gambar 2.7 Mekanisme Pembekuan Darah

- e. Relaksasi dan Kontraksi otot, pada waktu otot berkontraksi kalsium berperan dalam interaksi protein di dalam otot, yaitu aktin dan miosin.

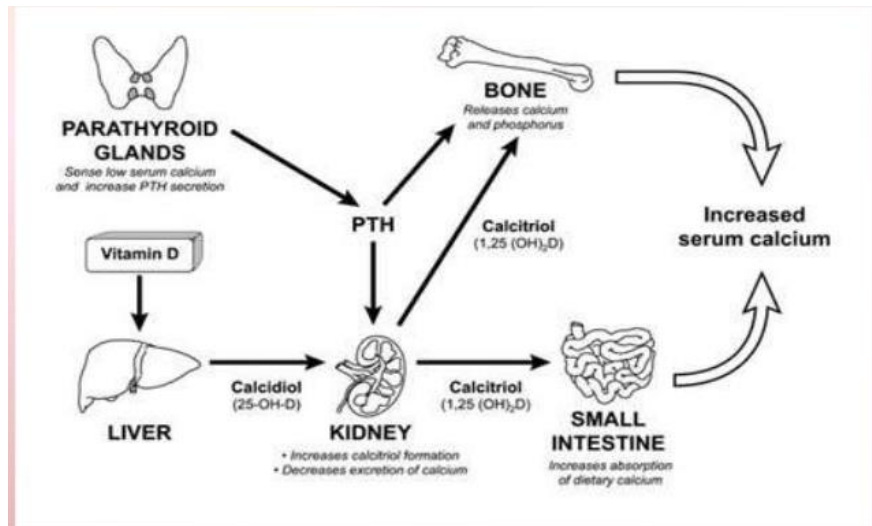


Gambar 2.8 Mekanisme Kontraksi Otot

- f. Berperan dalam fungsi saraf, tekanan darah dan fungsi kekebalan.

- g. Meningkatkan fungsi transport membran sel, stabilisator membran, dan transmisi ion melalui membran organel sel.

3. Metabolisme



Gambar 2.9 Metabolisme Kalsium dalam Tubuh

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.

4. Kekurangan dan kelebihan

- 1) Kekurangan: 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.

- 2) Kelebihan: Kelebihan kalsium menimbulkan batu ginjal atau gangguan ginjal, gangguan absorpsi mineral lain serta konstipasi (susah buang air besar).

5. Sumber

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, dan daun lamtoro.



Gambar 2.10 Sumber Kalsium pada Buah dan Sayur

D. Klorida

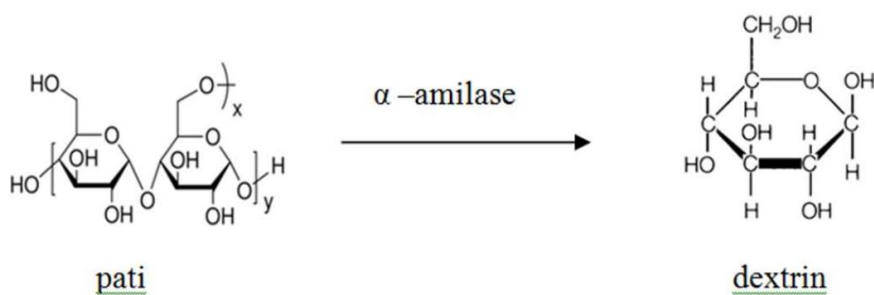
1. Penjelasan

Klor merupakan anion utama cairan ekstraselular. Konsentrasi klor tertinggi adalah dalam cairan serebrospinal (otak dan sumsum tulang belakang), lambung dan pancreas.

2. Fungsi

- a. Berperan dalam memelihara keseimbangan cairan dan elektrolit dalam cairan ekstraseluler.

- b. Memelihara suasana asam dalam lambung sebagai bagian dari HCl, yang diperlukan untuk bekerjanya enzim-enzim pencernaan.
- c. Membantu pemeliharaan keseimbangan asam dan basa bersama unsur-unsur pembentuk asam lainnya
- d. 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.
- e. Mengatur sistem rennin-angiotensin-aldosteron yang mengatur keseimbangan cairan tubuh.
- f. Sebagai mineral pada enzim amilase



3. Metabolisme

Klorida hampir seluruhnya diabsorpsi didalam usus halus dan diekskresi melalui urine dan keringat. Kehilangan klor mengikuti kehilangan natrium. Kebanyakan keringat dihadapi oleh aldosteron yang secara langsung berpengaruh terhadap kelenjar keringat.

4. Kekurangan dan kelebihan

Kekurangan klor terjadi pada muntah-muntah, diare kronis, dan keringat berlebihan dan jika kelebihan klorida dapat menyebabkan kontraksi otot abnormal dan apatis. Jadi AKG minimum klor sehari sebesar 750 mg.

5. Sumber

Klor terdapat bersamaan dengan natrium dalam garam dapur. Beberapa sayuran dan buah juga mengandung klor.

E. Fosfor

1. Penjelasan

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).

2. Fungsi

- a. Kalsifikasi tulang dan gigi melalui pengendapan fosfor pada matriks tulang
- b. Mengatur peralihan energi; Melalui proses fosforilasi, fosfor mengaktifkan berbagai enzim dan vitamin B dalam pengalihan energi pada metabolisme karbohidrat, lemak dan protein.
- c. Absorpsi dan transportasi zat gizi Dalam bentuk fosfat, fosfor berperan sebagai alat angkut untuk membawa zat – zat gizi yang menyebrangi membran sel atau di dalam aliran darah. Proses ini dinamakan fosforilasi.
- d. Bagian dari ikatan tubuh esensial yaitu RNA dan DNA serta ATP dan fosfolipid.
- e. Mengatur keseimbangan asam basa; fosfat memegang peranan penting sebagai buffer untuk mencegah perubahan tingkat keasaman cairan tubuh. Ini terjadi karena kemampuan fosfor mengikat tambahan ion hidrogen.

3. Metabolisme

Fosfor dapat diabsorpsi secara efisien sebagai fosfor bebas di dalam usus setelah dihidrolisis dan dilepas dari makanan oleh enzim alkalin fosfatase dalam mukosa usus halus dan diabsorpsi secara aktif yang dibantu oleh bentuk aktif vitamin D dan difusi pasif. Kadar fosfor dalam darah diatur oleh hormone paratiroid (PTH) yang dikeluarkan oleh kelenjar paratiroid dan hormone kalsitonin serta vitamin D, untuk mengontrol jumlah fosfor yang diserap, jumlah yang ditahan oleh ginjal, jumlah yang dibebaskan dan disimpan dalam tulang.

PTH menurunkan reabsorpsi fosfor oleh ginjal. Kalsitonin meningkatkan ekskresi fosfat oleh ginjal.



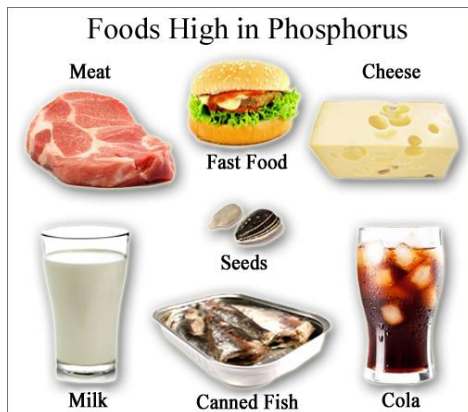
Gambar 2.11 Penjelasan Metabolisme Fosfor dalam Tubuh

4. Kekurangan dan kelebihan

- a. Kekurangan: Kekurangan fosfor bisa 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.
- b. Kelebihan: Bila kadar fosfor darah terlalu tinggi, ion fosfat akan mengikat kalsium sehingga dapat menimbulkan kejang. Kelebihan fosfor juga dapat mengakibatkan pengikisan rahang.

5. Sumber

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



Gambar 2.12 Sumber Fosfor dalam Beberapa Makanan

F. Magnesium

1. Penjelasan

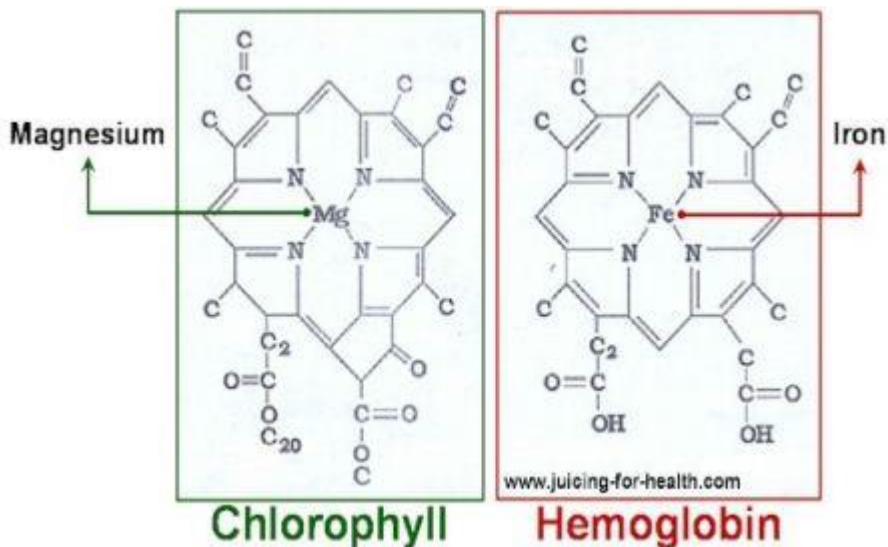
Magnesium adalah kation terbanyak setelah natrium di dalam cairan interselular. Magnesium merupakan bagian dari klorofil daun. Peranan magnesium dalam tumbuh-tumbuhan sama dengan peranan zat besi dalam ikatan hemoglobin dalam darah manusia yaitu untuk pernafasan. Magnesium terlibat dalam berbagai proses metabolisme. Magnesium terdapat dalam tulang dan gigi, otot, jaringan lunak dan cairan tubuh lainnya.

2. Fungsi

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.

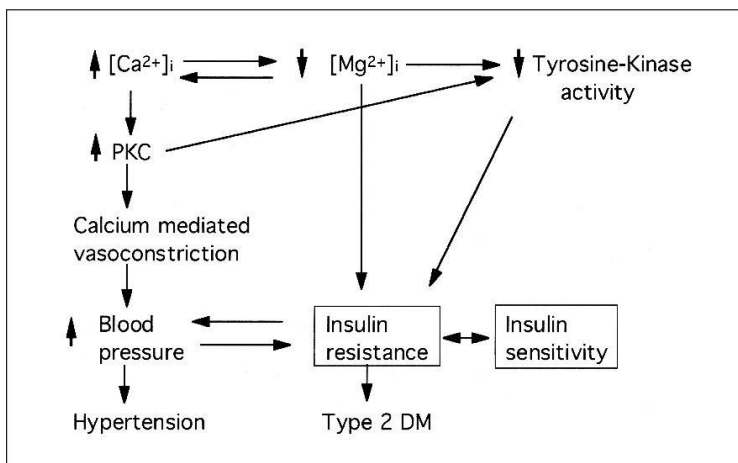
Di dalam sel ekstraselular, magnesium berperan dalam transmisi saraf, kontraksi otot dan pembekuan darah. Dalam hal ini magnesium berlawanan dengan kalsium. Magnesium mencegah kerusakan gigi dengan cara menahan kalsium dalam email gigi.

Magnesium di alam merupakan bagian klorofil daun. Peran Magnesium dalam tumbuhan, sama dengan peran zat besi dalam ikatan hemoglobin dalam darah manusia yaitu untuk pernafasan.



Gambar 2.13 Perbandingan Magnesium dalam Klorofil dan Fe dalam Hemoglobin

3. Metabolisme



Gambar 2. 14 Metabolisme Magnesium dalam Tubuh

Magnesium diabsorpsi di usus halus dengan bantuan alat angkut aktif dan secara difusi pasif. Di dalam darah magnesium terdapat dalam bentuk ion bebas. Keseimbangan magnesium dalam tubuh terjadi melalui penyesuaian ekskresi

magnesium melalui urin. Eksresi magnesium meningkat oleh adanya hormone tiroid, asidosis, aldosteron serta kekurangan fosfor dan kalium. Eksresi magnesium menurun karena pengaruh kalsitonin, glukagon dan PTH terhadap resorpsi tubula ginjal.

4. Kekurangan dan kelebihan

- a. Kekurangan magnesium bisa terjadi jika kekurangan protein dan energi serta berbagai kompilasi penyakit yang menyebabkan gangguan absorpsi atau penurunan fungsi ginjal, endokrin, terlalu lama mendapat makanan tidak melalui mulut (intravena). Penyakit yang menyebabkan muntah-muntah, diare, penggunaan diuretika (perangsang pengeluaran urin), juga dapat menyebabkan kekurangan magnesium. Kekurangan magnesium berat akan menyebabkan kurang nafsu makan, gangguan pertumbuhan, mudah tersinggung, gugup, kejang/tetanus, gangguan system saraf pusat, halusinasi, koma dan gagal jantung.
- b. Kelebihan magnesium belum diketahui secara pasti. Kelebihan magnesium terjadi pada penyakit gagal ginjal. Jadi, AKG untuk orang dewasa untuk pria 280 mg/hari dan wanita 250 mg/ hari.

5. Sumber

Sumber utama magnesium adalah sayur hijau, sereal tumbuk, biji-bijian dan kacang-kacangan. Daging, susu dan hasilnya serta coklat merupakan sumber magnesium yang baik.



Gambar 2.15 Sumber Magnesium pada Makanan

G. Sulfur

1. Penjelasan

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.

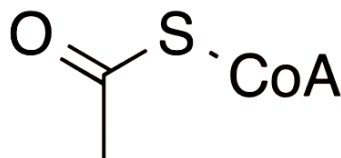
2. Fungsi

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.

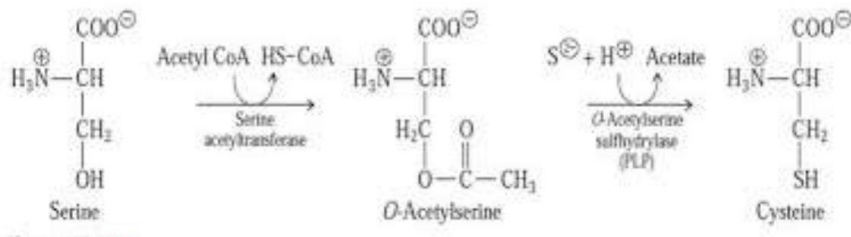
3. Metabolisme

Sulfur diabsorpsi sebagai bagian dari asam amino atau sebagai sulfat anorganik. Sulfur juga merupakan bagian dari enzim glutation serta berbagai koenzim dan vitamin, termasuk koenzim A.

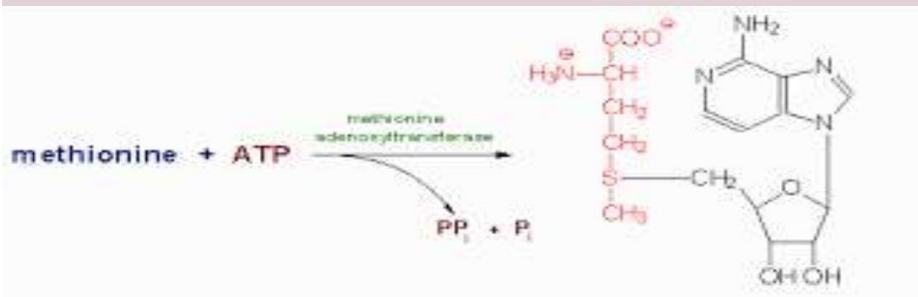
Struktur Co-A



- Fungsi sulfur sebagai Koenzim pada biosintesis cysteine dari serin tumbuhan dan hewan



- Sulfur untuk sintesis sistein berasal dari metionin. Kondensasi dari ATP dan metionin dikatalisis oleh enzim metionin adenosiltransferase menghasilkan S-



Sebagian besar sulfur diekskresi melalui urin sebagai ion bebas. Sulfur juga merupakan salah satu elektrolit intraseluler yang terdapat dalam plasma berkonsentrasi rendah.

4. Kekurangan dan kelebihan

- 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. Jadi, AKG untuk orang dewasa dicukupi oleh asam amino esensial yang mengandung sulfur.

5. Sumber

Sumber sulfur adalah makanan berprotein.

Foods High in Sulfur



Gambar 2.16 Sumber Sulfur dalam Makanan

BAB III MIKROMINERAL

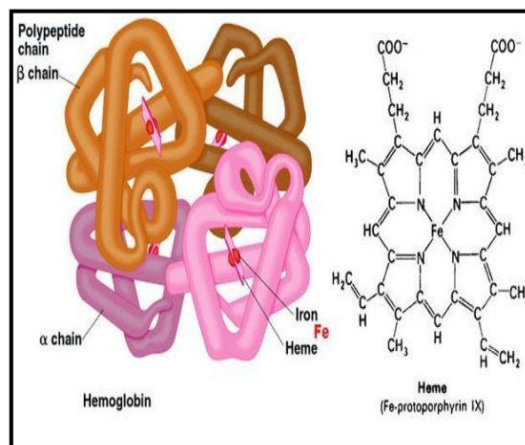
A. Besi (Fe)

1. Penjelasan

Besi merupakan mineral mikro yang paling banyak terdapat didalam tubuh manusia dewasa.dan hewan yaitu sebanyak 3-5 gr didalam tubuh manusia dewasa, di mana 70 persennya terdapat dalam hemoglobin, 25 persennya merupakan besi cadangan (iron storage) yang terdiri dari feritin edan homossiderin terdapat dalam hati, limfa dan sum-sum tulang.

2. Fungsi

Besi berperan dalam proses respirasi sel, yaitu sebagai kofaktor bagi enzim–enzim yang terlibat didalam reaksi oksidasi reduksi. Metabolisme energi, di dalam tiap sel, besi bekerja sama dengan rantai protein-pengangkut-electron, yang berperan dalam langkah-langkah akhir metabolisme energi. Sebanyak lebih dari 80 % besi yang ada dalam tubuh berada dalam hemoglobin.



Gambar 3.1 Peranan Besi dalam Tubuh

Hemoglobin ini terdiri dari 2 buahrantai polipeptida α serta 2 buah rantai polipeptida β , heme, sertakofaktor besi (Fe).

3. Metabolisme

Fe yang dibebaskan dari proses degradasi Hb dan porfirin dapat secara cepat terlihat transferin dan dalam feritin serum pada plasma. Transferin mengangkut Fe kembali ke sumsum tulang untuk mensintesis Hb kembali atau di mana saja dibutuhkan. Feritin serum secara cepat diambil oleh hati dan mungkin oleh sel –sel lain. Besi feritin intrseluler juga dimobilisasi untuk diangkut kesumsum tulang Untuk mobilisasi tersebut Fe yang ada dalam pusat inti feritin harus direduksidifikasi dan dipindahkan kedalam plasma, di mana dioksidasi kembali menjadi Fe^{3+} untuk diangkut pada transferin.



Gambar 3.2 Mekanisme Metabolisme dalam Tubuh

4. Dampak Kelebihan dan Kekurangan (AKG)

- Kelebihan:** Kelebihan besi jarang terjadi karena makanan, tetapi dapat disebabkan oleh suplemen besi, gejalanya adalah rasa nek, muntah diare, denyut jantung meningkat, sakit kepala, mengigau dan pingsan.
- Kekurangan:** Menurunnya kemampuan kerja, kekurangan energi pada umumnya menyebabkan pucat, rasa lemah, letih pusing, kurang nafsu makan, menurunnya kebugaran kekebalan dan gangguan penyembuhan luka, dan kemampuan mengatur suhu tubuh menurun.

5. Sumber

Sumber besi adalah makanan hewani, seperti daging, ayam dan ikan. Sumber baik lainnya adalah telur, sereal tumbuk, kacang-kacangan, sayuran hijau dan beberapa jenis buah.

B. Seng (Zn)

1. Penjelasan

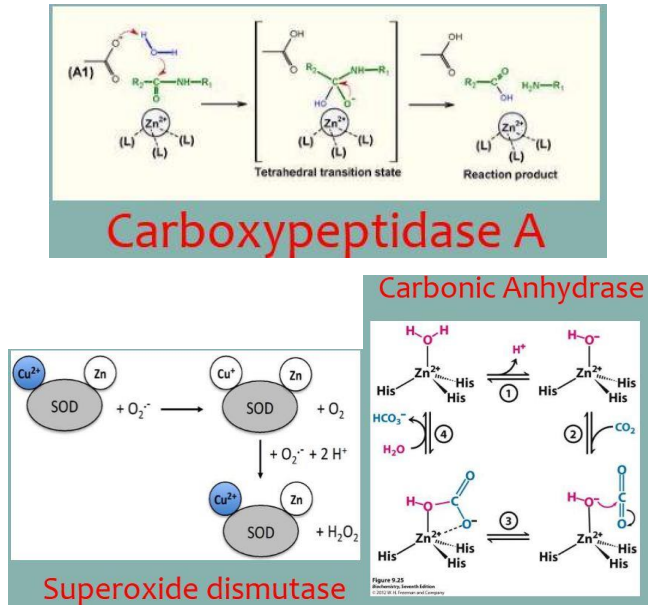
Seng merupakan komponen penting pada struktur dan fungsi membran sel, sebagai antioksidan, dan melindungi tubuh dari serangan lipid peroksidase. Seng berperan dalam sintesis dan transkripsi protein, yaitu dalam regulasi gen. Pada suhu tinggi, tubuh banyak mengeluarkan keringat dan seng dapat hilang bersama keringat sehingga perlu penambahan (Richards 1989; Ahmed et al. 2002). Ikatan enzim seng yang merupakan katalis reaksi hidrolitik melibatkan enzim pada bagian aktif yang bertindak "*supresifisien*." Enzim karbonik anhidrase mengkatalisis CO₂ dalam darah, enzim karboksi peptidase mengkatalisis protein dalam pankreas, enzim alkalin fosfatase.

2. Fungsi

Zn memegang peranan esensial dalam banyak fungsi tubuh, yaitu:

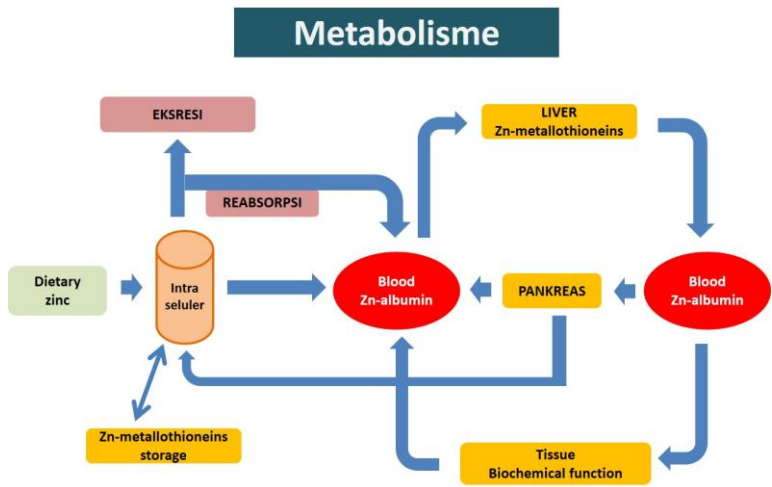
- a. Zn Sebagai bagian dari enzim atau sebagai kofaktor pada kegiatan lebih dari 200 enzim.
- b. Zn berperan dalam berbagai aspek metabolisme seperti reaksi yang berkaitan dengan sintesis dan degradasi karbohidrat, protein, lipida, dan asam nukleat.
- c. Zn berperan dalam pemeliharaan keseimbangan asam basa.
- d. Zn sebagai bagian integral enzim DNA polymerase dan RNA polymerase yang diperlukan dalam sintesis DNA dan RNA.
- e. Zn berperan dalam kekebalan yaitu, dalam sel T dan pembentukan antibody oleh sel B.

- f. Fungsi biokimia Zinc Sebagai kofaktor : a) Carboxypeptidase A, b) DNA polymerase dan RNA polymerase, c) Superoxide dismutase, dan d) Carbonic Anhydrase.



Gambar 3.3 Fungsi-fungsi Zn

3. Metabolisme



Gambar 3.4 Metabolisme Zn dalam Tubuh

Di dalam pankreas seng digunakan untuk membuat enzim pencernaan, yang pada waktu makan dikeluarkan ke dalam saluran cerna. Dengan demikaian

saluran cerna menerima seng dari dua sumber, yaitu dari makanan dan dari cairan pencernaan yang kembali ke pankreas dalam sirkulasi enterohepatik. Bila dikonsumsi seng tinggi, di dalam sel dinding saluran cerna sebagian diubah menjadi metalotionein sebagai simpanan, sehingga absorpsi berkurang. Seperti halnya dengan besi, bentuk simpanan ini akan dibuang bersama sel-sel dinding usus halus yang umurnya adalah 2-5 hari. Metalotionein di dalam hati mengikat seng hingga dibutuhkan oleh tubuh. Metalotionein diduga mempunyai peranan dalam mengatur kandungan seng di dalam cairan intarseluler.

4. Dampak Kelebihan dan Kekurangan (AKG)

a. Kelebihan

- 1) Kelebihan Zn hingga 2 sampai 3 kali menurunkan absorpsi tembaga.
- 2) Kelebihan sampai 10 kali mempengaruhi metabolisme kolesterol, mengubah nilai lipoprotein dan tampaknya dapat mempercepat timbulnya aterosklerosis.
- 3) Kelebihan sampai sebanyak 2 gram atau lebih dapat menyebabkan muntah, diare, demam, kelelahan, anemia, dan gangguan reproduksi.

b. Kekurangan

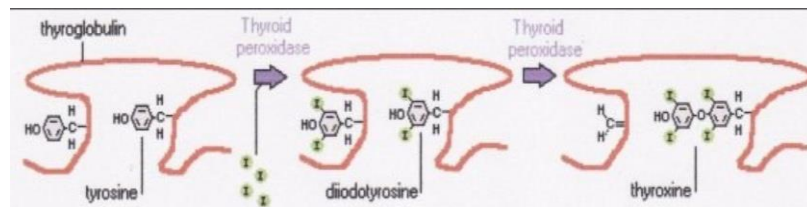
- 1) Akibat kekurangan seng pertumbuhan badan tidak sempurna (kerdil).
- 2) Gangguan dan keterlambatan pertumbuhan kematangan seksual. Misalnya; pencernaan terganggu, gangguan fungsi pankreas, gangguan pembentukan kilomikron dan kerusakan permukaan saluran cerna.
- 3) Kekurangan Zn mengganggu pusat sistem saraf dan fungsi otak.
- 4) Kekurangan Zn mengganggu metabolisme dalam hal kekurangan vitamin A, gangguan kelenjar tiroid, gangguan nafsu makan serta memperlambat penyembuhan luka.

5. Sumber

Sumber utama seng adalah daging, unggas, telur, ikan, susu, keju, hati, lembaga gandum, ragi, selada, roti dan kacang-kacangan. Sumber paling baik adalah sumber protein hewani, terutama daging, hati, kerang, biji-bijian

2. Fungsi

Iodin (I) diperlukan tubuh untuk membentuk tiroksin, suatu hormon dalam kelenjar tiroid. Tiroksin merupakan hormone utama yang dikeluarkan oleh kelenjar tiroid. Setiap molekul tiroksin mengandung empat atom iodin (Darmono 1995).



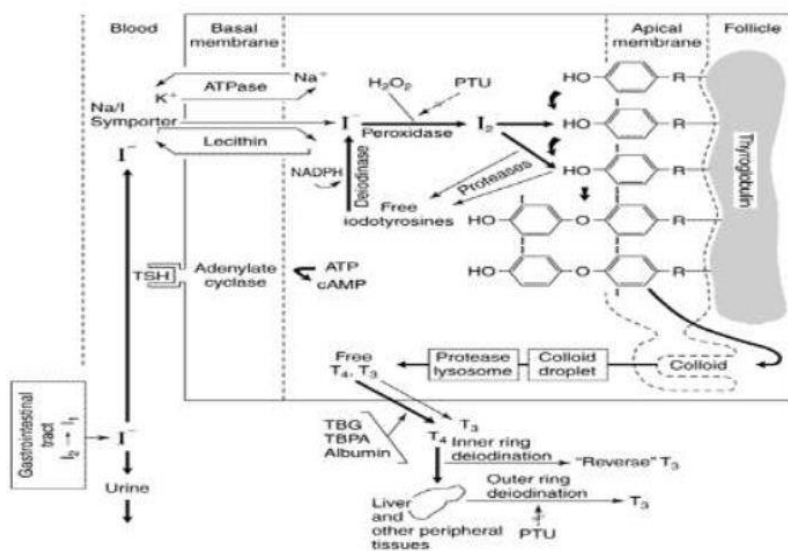
Gambar 3.6 Mekanisme Pembentukan Tiroksin dengan I

Sebagian besar iodin diserap melalui usus halus, dan sebagian kecil langsung masuk ke dalam saluran darah melalui dinding lambung. Sebagian iodin masuk ke dalam kelenjar tiroid, yang kadarnya 25 kali lebih tinggi dibanding yang ada dalam darah (Mills 1987). Namun bila jumlah yang sedikit ini tidak terdapat dalam bahan pakan maka ternak akan kekurangan iodin. Lebih dari setengah iodin dalam tubuh terdapat pada kelenjar perisai (tiroid). Meskipun sebagian besar iodin tubuh terdapat dalam kelenjar tiroid, iodin juga ditemukan dalam kelenjar ludah, lambung, usus halus, kulit, rambut, kelenjar susu, plasenta, dan ovarium (Puls 1994; Stangl *et al.*, 2000).

3. Metabolisme

Pembentukan dan sekresi tiroglobulin sebagai bahan dasar hormon tiroid dilakukan oleh sel-sel tiroid. Setiap molekul tiroglobulin mengandung 140 asam amino tirosin, dan tirosin merupakan substrat utama yang berikatan dengan yodium untuk membentuk hormon thyroid dimana hormon ini dibentuk dalam molekul tiroglobulin. Oksidase ion yodida adalah langkah penting dalam pembentukan hormon thyroid yaitu perubahan ion yodida menjadi bentuk yodium teroksidasi yang kemudian mampu berikatan langsung dengan asam amino tirosin. Proses oksidasi ini dipermudah oleh enzim peroksidase dan hidrogen peroksida yang menyertainya. Pengikatan yodium dengan molekul

tiroglobulin dinamai organifikasi tiroglobulin. Yodium yang telah dioksidasi dalam bentuk molekul akan terikat langsung tetapi perlahan-lahan dengan asam amino tirosin, tetapi bila yodium yang telah teroksidasi disertai dengan sistem enzim peroksidasi, maka proses ini dapat terjadi dalam beberapa detik atau menit. Stadium akhir dari yodinasi tirosin adalah pembentukan dua hormon thyroid yang penting yaitu tiroksin dan triyodotironin. Tirosin mula-mula dioksidasi menjadi monoyodotironin dan diyodotironin. Dua molekul diyodotironin bergabung membentuk tiroksin (T₄), dan satu molekul diyodotironin bergabung dengan satu molekul monoyodotironin membentuk triyodotironin (T₃).



Gambar 3.7 Metabolisme I di dalam Tubuh

4. Dampak Kelebihan dan Kekurangan (AKG)

- Kekurangan: Gondok, kretinisme, pembesaran kelenjar tiroid, hambatan mental dan pertumbuhan pada anak; gemuk pada orang dewasa.
- Kelebihan: Pembesaran kelenjar tiroid yang menutupi jalan pernafasan.

5. Sumber

Sumber iodium di antaranya adalah: sayur-sayuran, ikan laut, dan rumput laut. Sedangkan fungsi dari iodium di antaranya adalah sebagai komponen esensial tiroksin dan kelenjar tiroid.



Gambar 3.8 Sumber yang Mengandung Iodium

D. Selenium (Se)

1. Penjelasan

Selenium adalah mineral yang ditemukan di dalam tanah. Selenium secara alami muncul dalam air dan beberapa makanan. Selenium terdapat dalam berbagai bentuk, yang paling stabil adalah semi logam (*semikonduktor*) keabu-abu keunguan padat, dengan bentuk kimia yang secara struktural merupakan rantai *polimer trigonal*. Daya hantar listrik lebih baik di cahaya dari dalam gelap, dan digunakan dalam fotosel.

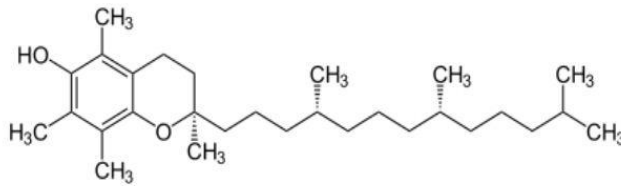
Selenium juga banyak dalam bentuk non-konduktif berupa alotrop seperti kaca hitam, serta beberapa bentuk kristal merah dibangun dari delapan molekul cincin, seperti belerang tetapi dengan berat jenisnya lebih ringan. Selenium ditemukan dalam jumlah ekonomi pada bijih sulfida. Mineral yang bersenyawa selenide atau selenate juga ditemukan, tetapi lebih jarang.

2. Fungsi

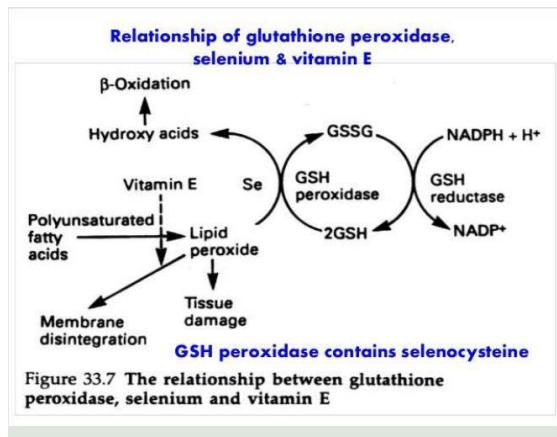
Fungsi selenium antara lain yaitu:

- a. Melindungi membran sel dari kerusakan oksidatif
- b. Membantu reaksi oksigen dan hydrogen pada akhir rantai metabolisme.

- c. Mencegah timbulnya penyakit kanker karena radikal bebas dan penyakit degenerative
- d. Selenium bekerja sama dengan vitamin E dalam perannya sebagai antioksidan.
- e. Mencegah terjadinya radikal bebas
- f. Konsumsielenium juga dapat menghemat pengeluaran vitamin E.



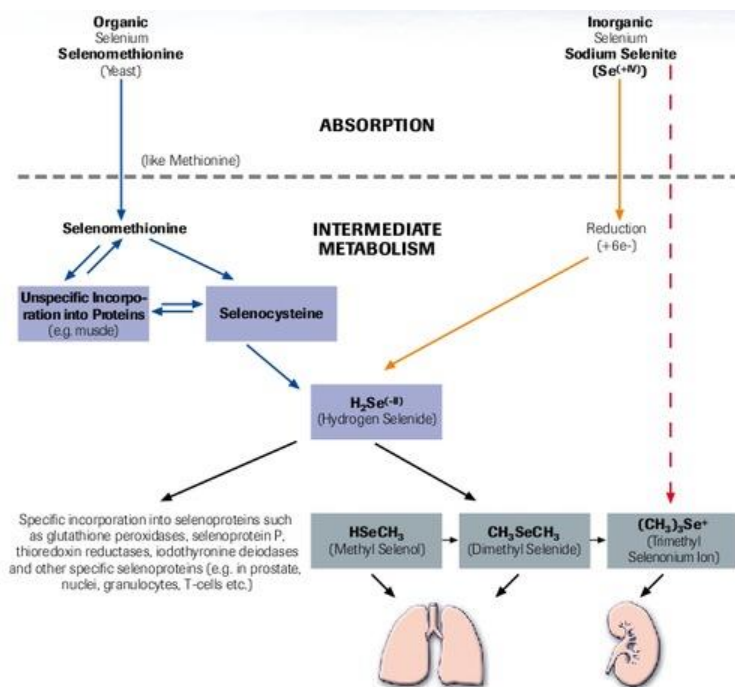
Gambar 3.9 Struktur Vitamin E



Gambar 3.10 Mekanisme Se Bersama Enzim Glutathione Peroxidase

3. Metabolisme

Selenium berada dalam makanan dalam bentuk selenometionin dan selenosistein. Absorpsi selenium terjadi pada bagian atas usus halus secara aktif, selenium diangkut oleh albumin dan alfa-2 globulin. Absorpsi lebih efisien, bila tubuh dalam keadaan kekurangan selenium. Konsumsi tinggi menyebabkan peningkatan ekskresi melalui urin.



Gambar 3.11 Mekanisme Metabolisme dalam Tubuh

4. Dampak Kelebihan dan Kekurangan (AKG)

- Kelebihan: Dosis tinggi selenium (= 1 mg sehari) menyebabkan muntah-muntah, diare, rambut dan kuku rontok, serta luka-luka pada kulit dan sistem saraf. Kecenderungan menggunakan suplemen selenium untuk mencegah kanker harus dilakukan secara hati-hati, jangan sampai dosis berlebihan.
- Kekurangan: Kekurangan selenium pada manusia karena makanan yang dikonsumsi belum banyak diketahui. Pada tahun 1979 para ahli dari Cina melaporkan hubungan antara status selenium tubuh dengan penyakit keshan, dimana terjadi kardiomiopati atau degenerasi otot jantung yang terutama terlihat pada anak-anak dan perempuan dewasa (keshan adalah sebuah propinsi di Cina). Penyakit keshan-Beck pada anak remaja menyebabkan rasa kaku, pembengkakan dan rasa sakit pada sendi jari-jari yang diikuti osteoarthritis secara umum, yang terutama dirasakan pada siku, lutut dan pergelangan kaki. Pasien yang mendapat makanan prenteral total

yang pada umumnya tidak mengandung selenium menunjukkan aktivitas glutathione peroxidase rendah dan kadar selenium dalam plasma dan sel darah merah yang rendah. Beberapa pasien menjadi lemah, sakit pada otot-otot dan terjadi kardiomiopati pasien kanker mempunyai taraf selenium plasma yang rendah. Kekurangan selenium dan vitamin E juga dihubungkan dengan penyakit jantung.

5. Sumber

Sumber dari selenium Makanan hasil laut, daging, hati, serelia, sayuran, kacang Brazil, unggas, biji-bijian, kacang-kacangan, roti, ikan, daging, dan telur bergantung pada kandungan selenium tanah.



Gambar 3.12 Makanan yang Mengandung Se

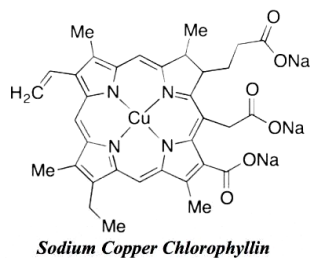
E. Tembaga (Cu)

1. Penjelasan

Tembaga merupakan unsur esensial yang bila kekurangan dapat menghambat pertumbuhan dan pembentukan hemoglobin. Tembaga sangat dibutuhkan dalam proses metabolisme, pembentukan hemoglobin, dan proses fisiologis dalam tubuh (Richards 1989; Ahmed *et al.*, 2002). Tembaga ditemukan dalam protein plasma, seperti seruloplasmin yang berperan dalam pembebasan besi dari sel ke plasma. Tembaga juga merupakan komponen dari protein darah, antara lain eritroporin, yang ditemukan dalam eritrosit (sel darah merah) yang berperan dalam metabolisme oksigen (Darmono 1995; 2001). Selain itu berperan dalam sintesis hemoglobin, tembaga merupakan bagian dari enzim-enzim dalam sel jaringan. Tembaga berperan dalam aktivitas enzim pernapasan, sebagai kofaktor bagi enzim tirosinase dan sitokrom oksidase.

2. Fungsi

- Tembaga berperan dalam mencegah anemia dengan cara membanu absorbs besi, merangsang sisntesis hemoglobin, melepas simpanan besi dari feritin dalam hati dan sebagai bagian dari enzim seruloplasmin.
- Tembaga berperan dalam oksidasi besi bentk fero menjadi feri.
- Tembaga berperan dalam perubahan asam amino tirosin menjadi melanin, yaitu pigmen dan kulit.
- Tembaga juga berperanan dlam pngikatan silanh kolagen yang diperluka untuk menjaga kekuatannya.
- Kompleks tembaga dengan klorofil *Sodium Copper Chlorophyllin* berfungsi sebagi pencegah kanker

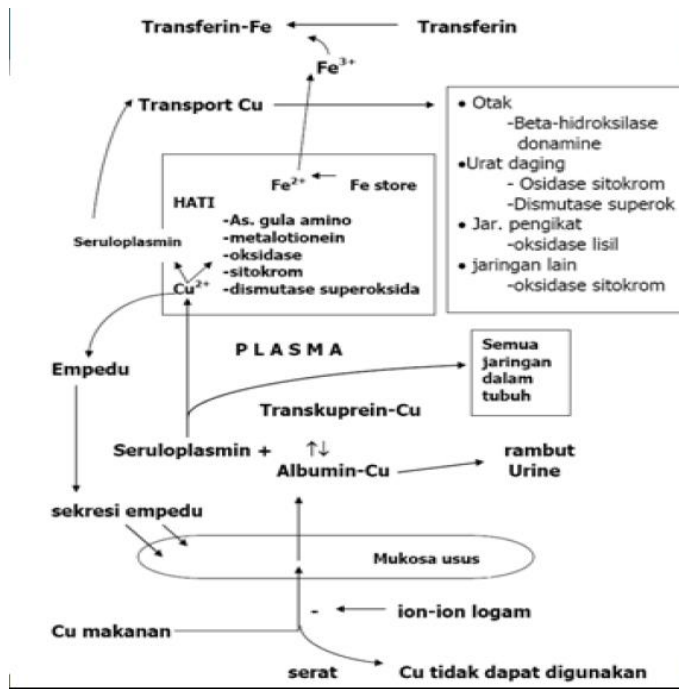


Gambar 3.13 Struktur Sodium Copper Chlorophyllin

3. Metabolisme

Dalam plasma darah, tembaga mula – mula diikat pada albumin dan suatu protein baru dan dibawa ke hati di mana akan mendapat proses:

- Diinkorporasikan ke dalam seruloplasmin dan protein/enzim hati yang spesifik
- Hilang melalui empedu, seruloplasmin disekresi kedalam plasma disamping kemungkinan fungsi enzimatiknya, juga mengangkut tembaga kedalam sel seluruh tubuh
- Sebagian kecil Cu diangkut melalui transkuprein dan albumin; rendahnya berat molekul dari pool-cu dalam plasma mungkin tidak merupakan sumber Cu seluler yang nyata.



Gambar 3.14 Metabolisme Cu dalam Tubuh Manusia

4. Dampak Kelebihan dan Kekurangan (AKG)

a. Kelebihan:

- 1) Menyebabkan nekrosis hati atau serosis hati.
- 2) Konsumsi sebanyak 10-15 mg tembaga sehari dapat menimbulkan muntah-muntah dan diare. Berbagai tahap perdarahan intravascular dapat terjadi, begitupun nekrosis sel-sel hati dan ginjal.
- 3) Konsumsi dosis tinggi dapat menyebabkan kematian.

- ##### b. Kekurangan:
- Kekurangan tembaga dapat mengganggu pertumbuhan dan metabolisme, disamping itu terjadi demineralisasi tulang-tulang. Bayi gagal tumbuh kembang edema dengan serum albumin rendah. Gangguan fungsi kekebalan.

5. Sumber

Sumber utama tembaga adalah tiram, kerang, hati, ginjal, kacang-kacangan, unggas, biji-bijian, serelia, dan coklat. Air juga mengandung tembaga dan jumlahnya bergantung pada jenis pipa di gunakan sebagai sumber air. Sumber

makanan yang mengandung tembaga diantaranya adalah susu dan sereal. Terdapat juga dalam hati, tiram, daging dan kacang-kacangan. Dalam saluran cerna, tembaga dapat diabsorpsi kembali dari tubuh bergantung kebutuhan tubuh.



Gambar 3.15 Sumber Makanan yang Mengandung Cu

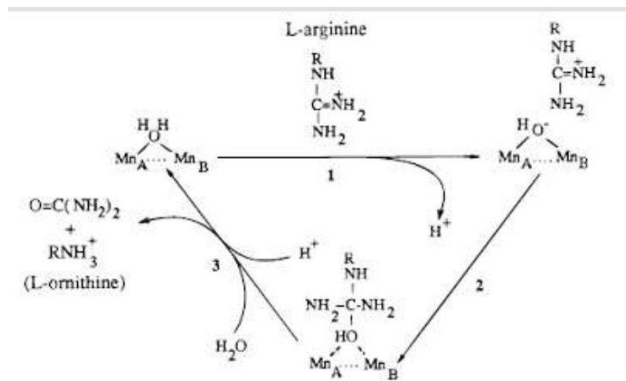
F. Mangan

1. Penjelasan

Mangan adalah unsur kimia dalam tabel periodik yang memiliki lambang Mn dan nomor atom 25. Mangan merupakan logam keras dan getas berwarna abu-abu merah muda. Logam ini sulit mencair, tapi mudah teroksidasi. Mangan murni bersifat amat reaktif dan dalam bentuk bubuk akan terbakar dengan oksigen, serta larut dalam asam encer. Mangan merupakan salah satu logam yang paling melimpah di tanah yang terutama berbentuk senyawa oksida dan hidroksida. Mangan terjadi terutama sebagai pyrolusite (MnO_2), dan pada jumlah lebih rendah sebagai rhodochrosite (MnCO_3).

2. Fungsi

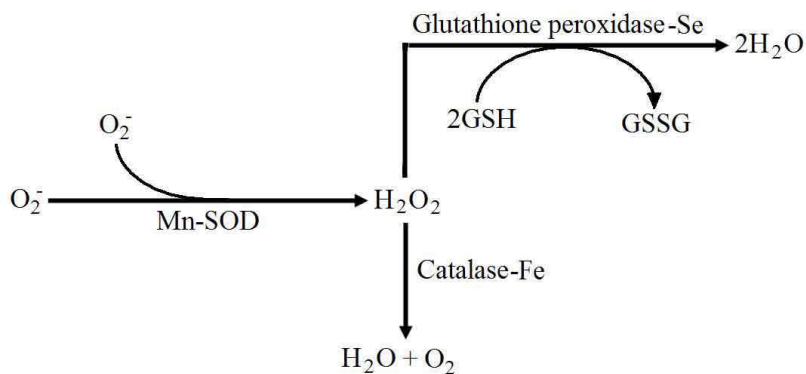
Dalam tubuh, Mn berperan sebagai katalisator dari beberapa reaksi metabolik yang penting pada protein, karbohidrat, dan lemak, dan sebagai kofaktor enzim aginase.



Gambar 3.16 Mekanisme Mn bersama Enzim Aginase

Pada metabolisme protein, Mn mengaktifkan interkonversi asam amino dengan enzim spesifik seperti arginase, prolinase, dipeptidase. Pada metabolisme karbohidrat, Mn berperan aktif dalam beberapa reaksi konversi pada oksidasiglukosa dan sintesis oligosakarida. Pada metabolisme lemak, Mn berperan sebagai kofaktor dalam sintesis asam lemak rantai panjang dan kolesterol. metabolisme energi & sintesis lemak Mangan berperan sebagai konfaktor berbagai enzim yang membantu bermacam metabolisme. Enzim-enzim lain berkaitan dengan mangan juga berperan dalam sintesis uterus, pembentukan jaringan ikat dan tulang serta pencegahan peroksidasi lipid oleh radikal bebas akibat kekurangan mangan.

3. Metabolisme



Gambar 3.17 Metabolisme Mn dalam Tubuh

Mangan diangkut oleh protein transmanganin dalam plasma, setelah diabsorpsi mangan masuk dalam empedu dan dikeluarkan melalui feses.

4. Dampak Kelebihan dan Kekurangan (AKG)

- a. Kelebihan: Keracunan karena kelebihan mangan dapat terjadi bila lingkungan terkontaminasi oleh mangan. Pekerja tambang yang mengisap mangan yang ada pada debu tambang untuk jangka waktu lama, menunjukkan gejala-gejala kelainan otak disertai penampilan dan tingkah laku abnormal, yang menyerupai penyakit parkinson.
- b. Kekurangan: Kekurangan mangan pernah terlihat pada manusia. Kebutuhan mangan kecil, sedangkan mangan banyak terdapat dalam makanan nabati. Kekurangan mangan menyebabkan steril pada hewan jantan dan betina. Keturunan dari induk yang menderita kekurangan mangan, menunjukkan kelainan kerangka dan gangguan kerangka otot. Penggunaan suplementasi besi dan kalsium perlu diperhatikan karena kedua zat gizi ini menghambat absorpsi mangan. Kekurangan mangan sering terjadi bersamaan dengan kekurangan besi. Makanan tinggi protein dapat melindungi tubuh dari kekurangan mangan.

5. Sumber

Serelia utuh, kacang-kacangan, buah-buahan, teh, kopi, sayur hijau, rempah-rempah, ikan, biji labu.



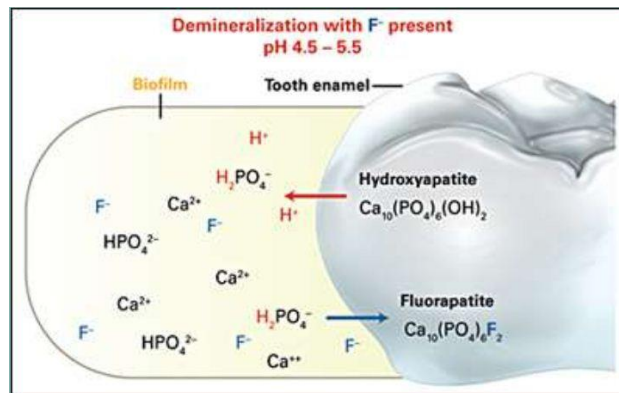
Gambar 3.18 Beberapa Sumber Makanan yang Mengandung Mn

G. Flour

1. Penjelasan

Fluor adalah mineral yang secara alamiah terdapat di semua sumber air termasuk laut. Fluor tidak pernah ditemukan dalam bentuk bebas di alam. Suatu unsur kimia dalam tabel periodik yang memiliki lambang F dan nomor atom 9. Fluor terbukti dapat melindungi lubang gigi saat dikonsumsi dalam jumlah menengah (dibawah 4mg/l). Fluor bertanggung jawab terhadap kerusakan gigi. Tingkat flour di atas 2mg/l dapat merusak pertumbuhan gigi orang dewasa sebelum um menjadi gigi tetap.

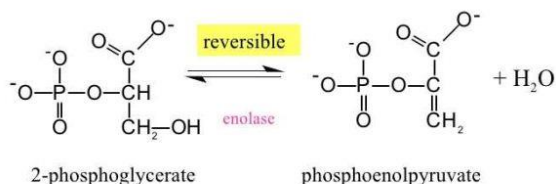
2. Fungsi



Gambar 3.19 Fungsi Fluor dalam Email Gigi

Fungsi flour Mineralisasi tulang dan pengerasan email gigi. Pada saat gigi dan tulang dibentuk, pertama terbentuk kristal hidroksiapatit yang terdiri atas kalsium dan fosfor. Kemudian flour akan menggantikan gugus hidroksil (OH) pada kristal tersebut dan membentuk fluorapatit. Pembentukan fluorapatit ini menjadikan gigi dan tulang tahan terhadap kerusakan. Fluor diduga dapat mencegah osteoporosis (tulang keropos) pada orang dewasa dan orang tua. fluorordisasi air minum, masyarakat terutama anak-anak akan terlindungi dari karies gigi ini. Penambahan fluorida pada pasta gigi juga melindungi masyarakat terhadap karies gigi.

Flour juga berfungsi sebagai inhibitor bersaing dengan substrat enolase dalam pembentukan phosphoenolpyruvate



3. Metabolisme

Dalam proses metabolisme energi tubuh, mineral-mineral yang diperoleh melalui konsumsi bahan pangan dalam keseharian akan terlibat dalam pengambilan energi dari simpanan glukosa (glycolysis), pengambilan energi dari simpanan lemak (lipolysis), pengambilan energi dari simpanan protein (proteolysis), serta pengambilan energi dari phosphocreatine (PCr).

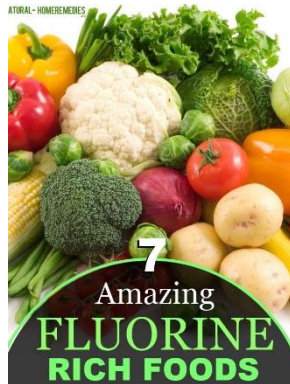
Sebagian flour dari makanan atau minuman diserap oleh lambung dan sebagian lagi oleh usus kecil. Dari 90% F diserap, setengahnya dikeluarkan lagi dan setengah bagian lainnya digunakan sebagai bagian integral tulang dan gigi. Dengan tidak dipengaruhi oleh jumlah yang dikonsumsi, kadar flour dalam darah selalu konstan. Hal ini berkat kemampuan ginjal untuk mengaturnya. Selain dalam darah, F juga terdapat dalam jaringan (lunak), saliva, susu dan darah janin: yang konsentrasinya leboh rendah

4. Dampak Kelebihan dan Kekurangan (AKG)

1. Kelebihan: Kelebihan flour dapat menyebabkan keracunan. Hal ini baru terjadi pada dosis sangat tinggi atau setelah bertahun-tahun menggunakan suplemen flour sebanyak 20-80 mg sehari. Gejalanya adalah fluorosis (perubahan warna gigi menjadi kekuningan), mulas, diare, sakit di daerah dada, gatal, dan muntah.
2. Kekurangan: Kekurangan flour terjadi di daerah dimana air minum kurang mengandung flour. Akibatnya adalah kerusakan gigi dan keropos tulang pada orang tua.

5. Sumber

Sumber flour di antaranya adalah air, makanan laut, tanaman, ikan dan makanan hasil ternak.



Gambar 3.20 Sumber F dalam Beberapa Makanan

H. Kobalt (Co)

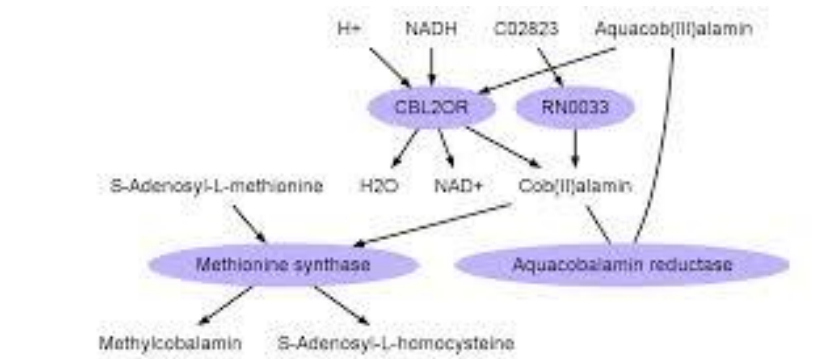
1. Penjelasan

Kobalt (Co) merupakan unsur mineral esensial untuk pertumbuhan hewan, dan merupakan bagian dari molekul vitamin B12. Konversi Co dari dalam tanah menjadi vitamin B12 pada makanan hingga dicerna hewan nonruminansia kadang-kadang disebut sebagai siklus kobalt. Ternak ruminansia (sapi, domba, dan kambing) memakan hijauan pakan, di mana tanaman menyerap kobalt dari dalam tanah dan bakteri-bakteri yang ada di dalam lambung (rumen) menggunakan kobalt dalam penyusunan vitamin B12. Hewan menyerap vitamin B12 dan mendistribusikannya ke seluruh jaringan tubuh (Davis dan Mertz 1987; Mills 1987; Darmono 1995). Semua bangsa hewan membutuhkan vitamin sehingga secara tidak langsung memerlukan kobalt. Ternak babi dan unggas tidak mempunyai mikroflora dalam saluran pencernaan untuk mengubah kobalt dalam ransum sehingga harus mendapat vitamin B12 yang cukup dalam ransum (Lee *et al.*, 1999).

2. Fungsi

Fungsi Kobal merupakan vitamin B₁₂ (kobalmin). Vitamin ini diperlukan untuk mematangkan sel darah merah dan menormalkan fungsi semua sel. Kobal mungkin juga berperan dalam fungsi berbagai enzim

3. Metabolisme



Gambar 3.21 Metabolisme Co dalam Tubuh

Absorpsi terjadi pada bagian atas usus halus mengikuti mekanisme absorpsi besi. Absorpsi meningkat bila konsumsi besi rendah. Sebanyak 85% ekskresi kobal dilakukan melalui urin, selebihnya feses dan keringat.

4. Dampak Kelebihan dan Kekurangan (AKG)

- Kekurangan: Terjadi bila kekurangan vitamin B12. Karena faktor intrinsik, sindroma gangguan absorpsi dan gastrektomi.
- Kelebihan: Belum diketahui karena belum ada penelitian yang menunjukkan tentang seseorang yang mengidap penyakit akibat kelebihan kobalt. Percaya saja bahwa sesuatu yang berlebihan.

5. Sumber

Sumber utamanya adalah vitamin B₁₂, B1, dan sayuran berdaun hijau.



Gambar 3.22 Makanan yang Mengandung Banyak Co

I. Kromium (Cr)

1. Penjelasan

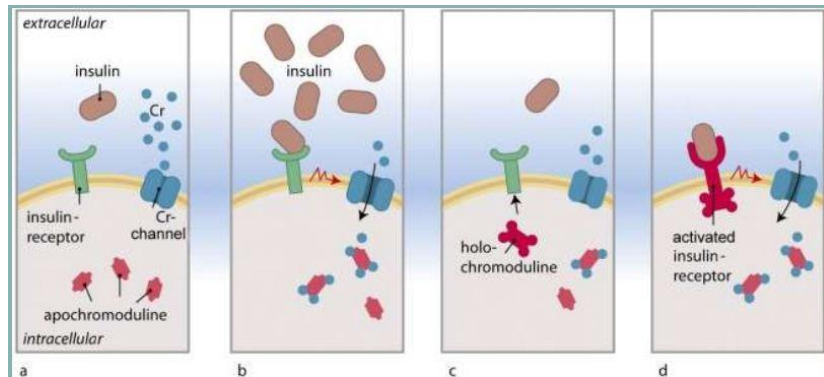
Krom merupakan mineral esensial yang berperan dalam metabolisme karbihidrat dan lipida. Seperti halnya besi, krom berada dalam berbagai bentuk dengan jumlah muatan berbeda. Krom paling mudah di asorbsi dan paling efektif bila berada dalam Cr^{3+} . Absorpsi krom naik, bila konsumsi rendah dan turun bila konsumsi tinggi.

2. Fungsi

Fungsi Krom antara lain sebagai berikut;

- Menjaga keseimbangan kadar gula darah dan meningkatkan efisiensi kerja insulin.
- Chromium sering disebut sebagai “*Glucose Tolerance Factor*” (faktor pengendali kadar gula darah) dibutuhkan pada proses pengolahan glukosa menjadi energi.
- Membantu menurunkan berat badan dengan cara membakar lemak menjadi energi.
- Menurunkan kolesterol dan trigliserid sehingga dapat menjaga kesehatan jantung.
- Meningkatkan massa otot sehingga dapat membentuk otot yang ideal.
- Membantu sintesa kolesterol, lemak dan protein serta meningkatkan jaringan otot

3. Metabolisme



Gambar 3.20 a. Sel yang sensitif terhadap insulin, b. Partialaktivasi dari reseptor insulin, c. Apochromoduline dimuat dengan kromium menjadi Holochromoduline, d. Lengkapi aktivasi dari reseptor insulin.

Krom dalam bentuk Cr^{3+} diabsorpsi sebanyak 10% hingga 25%. Bentuk lain krom hanya diabsorpsi sebanyak 1%. Mekanisme absorpsi belum diketahui dengan pasti. Absorpsi dibantu oleh asam-asam amino yang mencegah krom mengendap dalam media alkali usus halus. Jumlah yang diabsorpsi tetap hingga konsumsi sebanyak 49 ug, setelah itu ekskresi melalui urin meningkat. Ekskresi melalui urin meningkat oleh konsumsi gula sederhana yang tinggi, aktivitas fisik berat atau trauma fisik.

4. Dampak Kelebihan dan Kekurangan (AKG)

- Kekurangan: Kekurangan krom karena makanan jarang terjadi, oleh karena itu AKG untuk krom belum ditentukan.
- Kelebihan: Kelebihan krom karena makanan belum pernah ditemukan. Pekerja yang terkena limbah industri dan cat yang mengandung krom tinggi dikaitkan dengan kejadian penyakit hati dan kanker paru-paru. Kromat adalah bentuk krom dengan valensi 6, tubuh tidak dapat mengoksidasi krom makanan dengan valensi 3 yang tidak toksik menjadi bentuk valensi 6 yang toksik. Jadi, krom di dalam makanan tidak ada kaitannya dengan kanker paru-paru.

5. Sumber

Sumber kromium terbaik adalah makanan nabati. Kandungan kromium dalam tanaman bergantung pada jenis tanaman, kandungan krom tanah dan musim. Sayuran mengandung 30 hingga 50 ppm, biji-bijian dan sereal utuh 30 hingga 70 ppm dan buah 20 ppm. Hasil laut dan daging merupakan sumber kromium yang baik.



Gambar 3.24 Sumber Makanan yang Mengandung Kromium

DAFTAR PUSTAKA

- Anwar HM, Piliang WG. 1992. *Biokimia dan Fisiologi Gizi*. Pusat Antar Universitas Ilmu Hayat: Institut Pertanian Bogor
- DEPKES RI. 1996. *Gangguan Akibat Kekurangan Yodium*. Jakarta
- Dunia Kimia. 2009. *Silikon* (Online).
<http://duniakimiaku.blogspot.com/2009/06/silikon.html>, diakses pada Selasa 9 Desember 2014.
- Hernawati. Tanpa tahun. *Peranan Magnesium pada Kesehatan Hewan dan Manusia*. Bandung: Universitas Pendidikan Indonesia
- Lall, S.P. 1989. *The Minerals*. Dalam: Halver JE. Editor. *Fish Nutrition*. Second edition. San Diego: Academic Press.Inc. P. 220-252
- Lehninger, A. L. 1982. *Dasar-dasar Biokimia Edisi 2*. diterjemahkan oleh Maggy Tehnawidjadja. Jakarta: Erlangga
- Linder MC. 1992. *Biokimia Nutrisi dan Metabolisme*. Parakkasi A, Penerjemah. Jakarta: Penerbit UI Press
- Mahfiroh, Ida. 2013. *Makalah Siklus Sulfur*. (online). <http://iddamahfiroh.blogspot.com/2013/04/makalah-siklus-sulfur.html>. (Diakses Senin, 8 Desember 2014, 19:07)
- Muchtadi. dkk.1992. *Masalah-Masalah Fortifikasi Iodium dalam Penanggulangan GAKI*. PAU. IPB. Bogor
- Piliang DA, Gatlin III DM. 1991. Dietary Mineral Requirements of Fish and Shrimp. Dalam Akiyama AM, Tan RKH. (editor). *Proceedings of The Aquaculture. Feed Processing and Nutrition Workshop*. Hal 10-48.

Sauberlich, H.E. 1999. *Assessment of Nutritional Status*. Second Edition. CRC Press. Boca Raton London New York Washington, DC.

Soehardjo. 1990. *Petunjuk Laboratorium Penilaian Keadaan Gizi Masyarakat*. PAU Pangan dan Gizi. IPB. Bogor.

Sr. Alfonsine C.B, B.Sc. 1984. *Pengantar Ilmu Gizi*. Jakarta: Intan.