

PENGANTAR

MINERAL

Suyatno, Ir. MKes

Contact: 08122815730/suyatno_undip@yahoo.com

www.suyatno.blog.undip.ac.id

Fakultas Kesehatan Masyarakat
Universitas Diponegoro, Semarang

Pendahuluan

- Sekitar 5 % berat badan manusia terdiri dari mineral.
- Pandangan Nutrisi : bahan inorganik yang dibutuhkan untuk proses kehidupan baik dalam bentuk ion atau elemen bebas.
- Diperoleh dari makanan (tubuh tidak dpt memproduksi
- Mineral bersifat esensial
- Sehingga harus ada dalam makanan

Fungsi Secara Umum

- Sebagai katalist berbagai reaksi biokimawi dlm tubuh
- Transmisi sinyal / pesan pd sel saraf
- Produksi hormon
- Pencernaan dan penggunaan makanan
- Bagian dari organ vital spt tulang, darah, gigi
- dll

Fungsi

- Setiap mineral memainkan peranan yang unik dan sering berperan multi-fungsi.
- Mineral bekerja pada setiap bagian tubuh, yaitu pada sel, jaringan, organ dan organisme secara keseluruhan, contoh:
 - kalsium dan fosfor membantu menguatkan tulang dan gigi
 - mangan, krom dan seng membantu memfungsikan enzim
 - selenium berfungsi sebagai anti oksidan dan komponen pembentuk tubuh
 - iodine merupakan komponen dari hormon tyroid yang berperan untuk pertumbuhan dan mengontrol laju metabolisme
 - sodium, potassium dan klorin berfungsi mentranmisi impuls syaraf dan kontraksi otot, membantu mengatur cairan tubuh dan keseimbangan elektrolit
 - kobalt dibutuhkan oleh vitamin B-12 untuk membentuk struktur agar dapat berfungsi dengan efisien.

Mineral sbg kofaktor

- Banyak enzim yang mengandung ion metal = **Metaloenzim**
- Ion tersebut berfungsi mirip dengan coenzim
- Fungsi dari metal tersebut dalam enzim sangat bervariasi
- Bisa sebagai katalis : Zn
- Kadang utk meningkatkan efisiensi enzim = ATP-Mg

11.6 Metals and trace elements important as enzymatic cofactors

al	Example of Enzyme	Role of Metal
Fe	Cytochrome oxidase	Oxidation-reduction
Cu	Ascorbic acid oxidase	Oxidation-reduction
Zn	Alcohol dehydrogenase	Helps bind NAD ⁺
Mn	Histidine ammonia-lyase	Aids in catalysis by electron withdrawal
Co	Glutamate mutase	Co is part of cobalamin coenzyme
Ni	Urease	Catalytic site
Mo	Xanthine oxidase	Oxidation-reduction
V	Nitrate reductase	Oxidation-reduction
Se	Glutathione peroxidase	Replaces S in one cysteine in active site

Zn ²⁺	Karbonik anhidrase,
Mg ²⁺	karboksipeptidase
Ni ²⁺	<i>EcoRV</i> , heksokinase
Mo	Urease
Se	Nitrat reduktase
Mn ²⁺	Glutation peroksidase
K ⁺	Superoksid dismutase
	Propionil KoA karboksilase

Kalisifikasi

- Berdasarkan jumlah kebutuhan tubuh, mineral dibagi ke dalam dua kelompok, yaitu:
 - Mineral makro, yaitu jika kebutuhan tubuh sebesar 100 mg (1/50 sendok teh) atau lebih per hari.
 - Mineral mikro (trace elements), yaitu jika jumlah kebutuhannya kurang dari 100 mg/hari. dan menyusun lebih kurang dari 0.01% dari total berat badan.

▪

Kalisifikasi

• Yang dibutuhkan :

Di alam 100
macam mineral



Makro mineral :

Calcium (Ca), Fosfor (P),
Chlor (Cl), Magnesium (Mg),
Kalium (K) dan Sulfur (S)

Mikro mineral:

Cobalt (Co), Cuprum (Cu),
Besi (Fe), Iodium (I), Mangan
(Mn), Selenium (Se) dan
Zink (Zn), Fluoride dll

KEBUTUHAN Mikro SUDAH DITETAPKAN

- Besi (Fe)
- Seng (Zn)
- Iodium (I)
- tembaga (Cu)
- Fluor (F)
- mangan (Mn)
- Krom (Cr)
- Selenium (Se) and
- Kobal (Co)

KEBUTUHAN MINERAL Mikro BELUM DITETAPKAN

- Silikon (Si)
- Vanadium (Va)
- Timah (Pb)
- Nikel (Ni)
- Arsen (As)
- Boron (Bo)



Kalisifikasi

- **Mineral makro:**

- kalsium,
- fosfor,
- potassium,
- klorin,
- sodium,
- magnesium.

- **Mineral mikro:**

- besi,
- seng,
- selenium,
- iodine,
- kromiun,
- flourin,
- tembaga,
- mangan,
- molybdenum,
- kobalt.

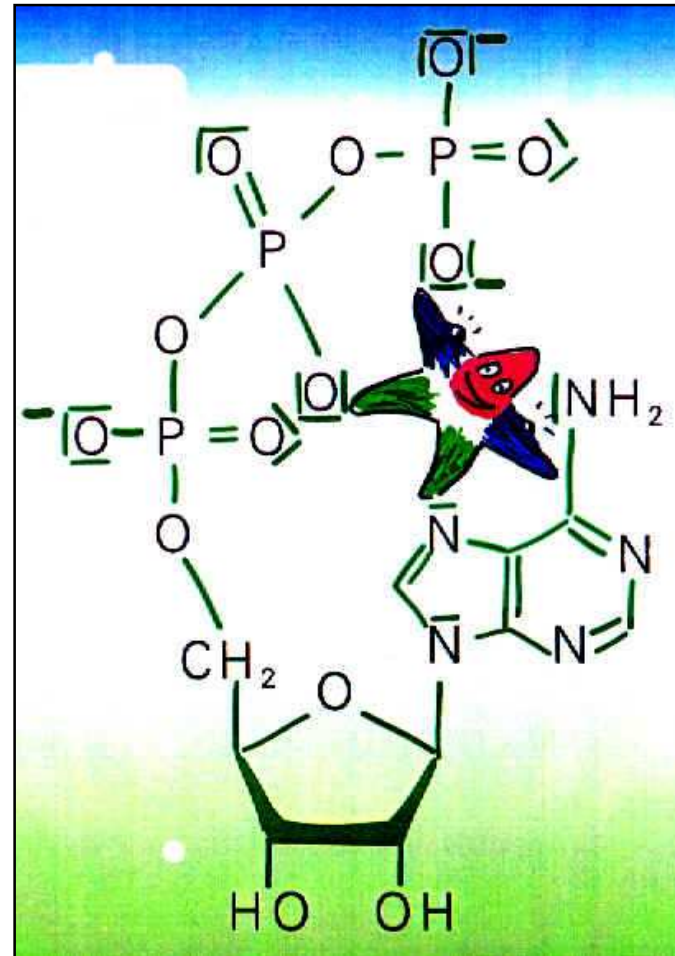
Magnesium (Mg)



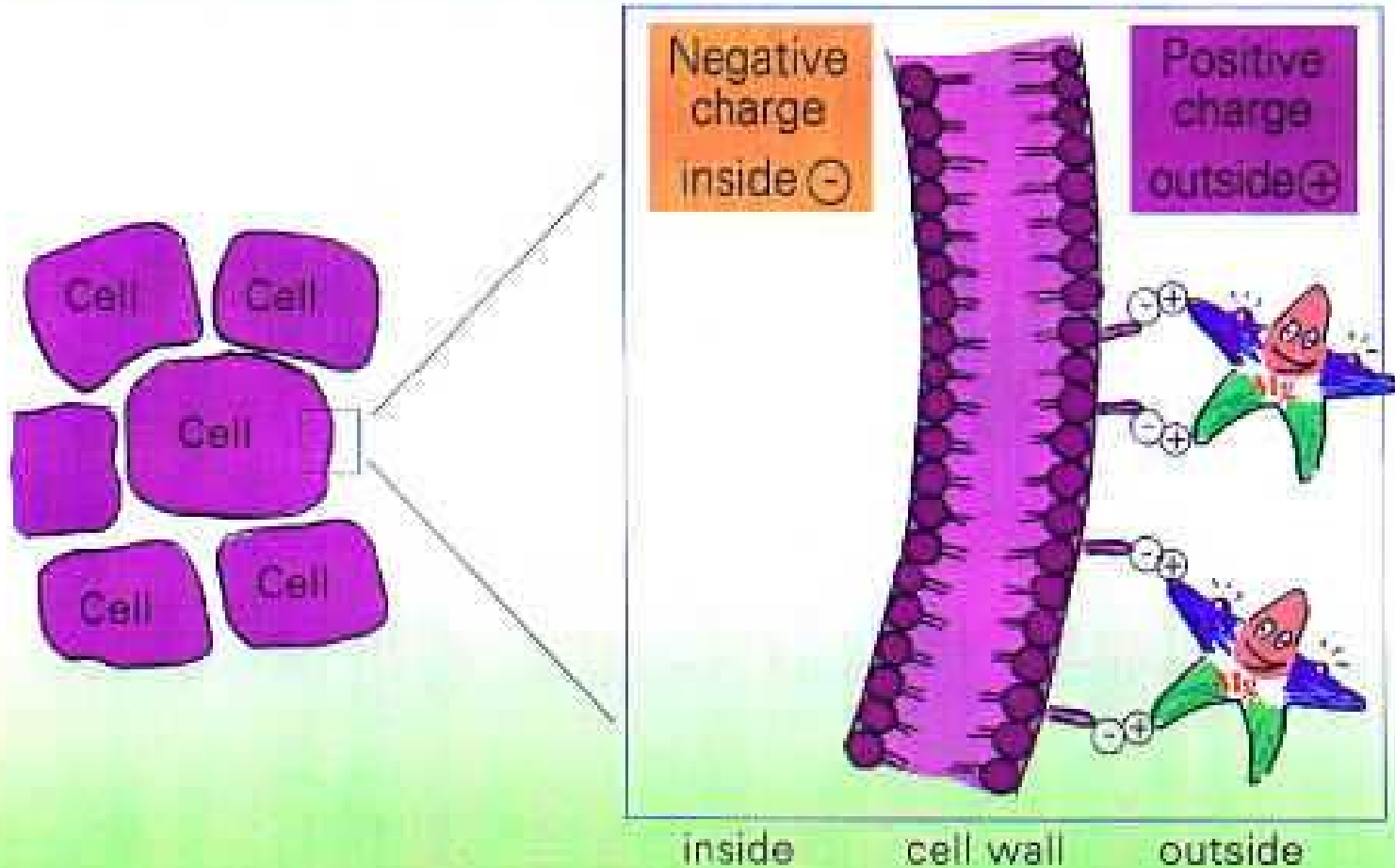
- merupakan kation bivalent = cenderung berfungsi sebagai “chelator”
- lebih banyak ditemukan di intraseluler sel daripada di serum darah.
- Mineral penting, selain Ca dan fosfor
- Di intraseluler sel → sering ditemukan berikatan dengan ATP = berperan sebagai kofaktor
- ATP yang berikatan dengan Mg = merupakan substrat yang lebih efektif bagi enzim – enzim yang membutuhkan ATP.

- Mg^{2+} terdapat di semua jaringan tubuh (di intrasel > ekstrasel)
- Semua reaksi yg menggunakan ATP melibatkan Mg^{2+}
- Peranan:
 - sintesis protein, asam nukleat, nukleotida, lipid, & karbohidrat
 - kontraksi otot
- 70% Mg bergabung dg Ca & P dlm tulang & gigi membentuk garam apatite
- Organ yg sensitif dg defisiensi Mg: jantung, ginjal & neuromuskular
- Absorpsi di intestin, ekskresi di ginjal 35-45% asupan Mg makanan

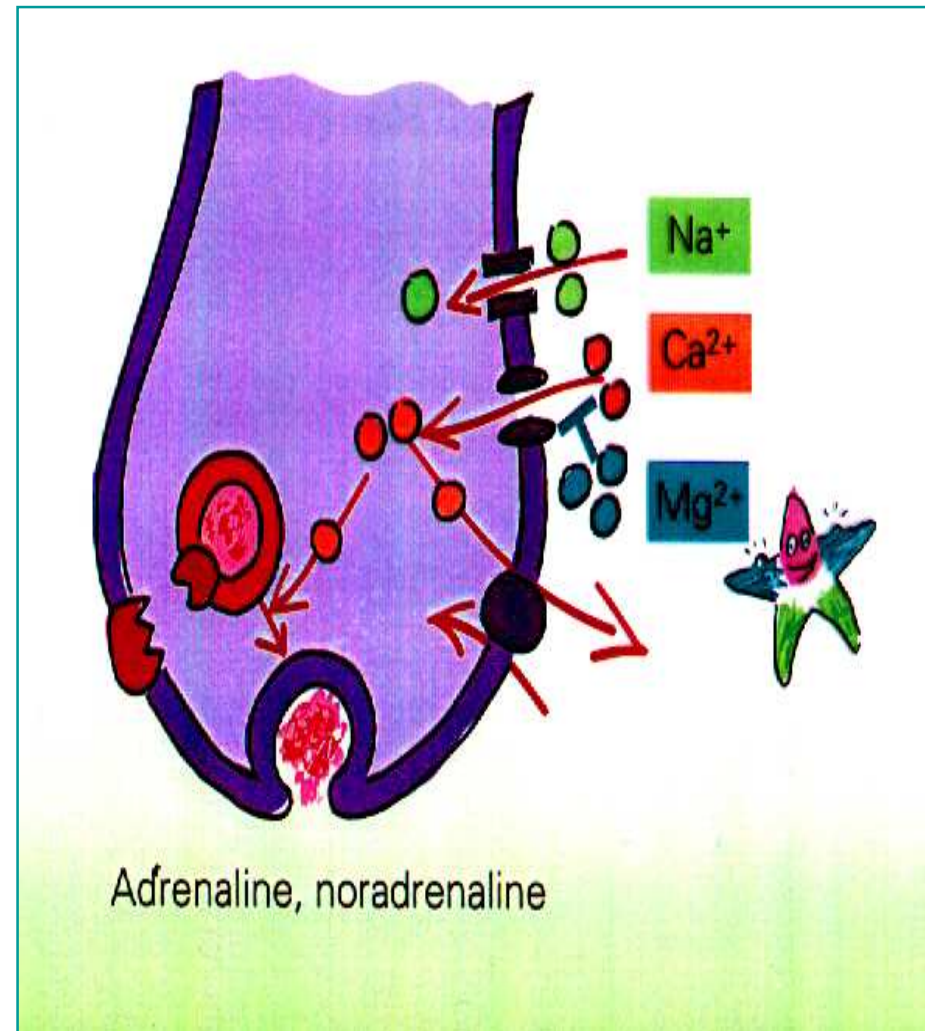
- Mg penting bagi manusia krn berperan dlm reaksi penghasilan energi
- Pompa Na/K yg mengatur konsentrasi elektrolit dlm sel = dikontrol oleh ATP → keseimbangan elektrolit di dalam sel tergantung pada Mg
- Food processing = menghilangkan Mg dalam makanan



Neutralization of negative charges on the outside of cells

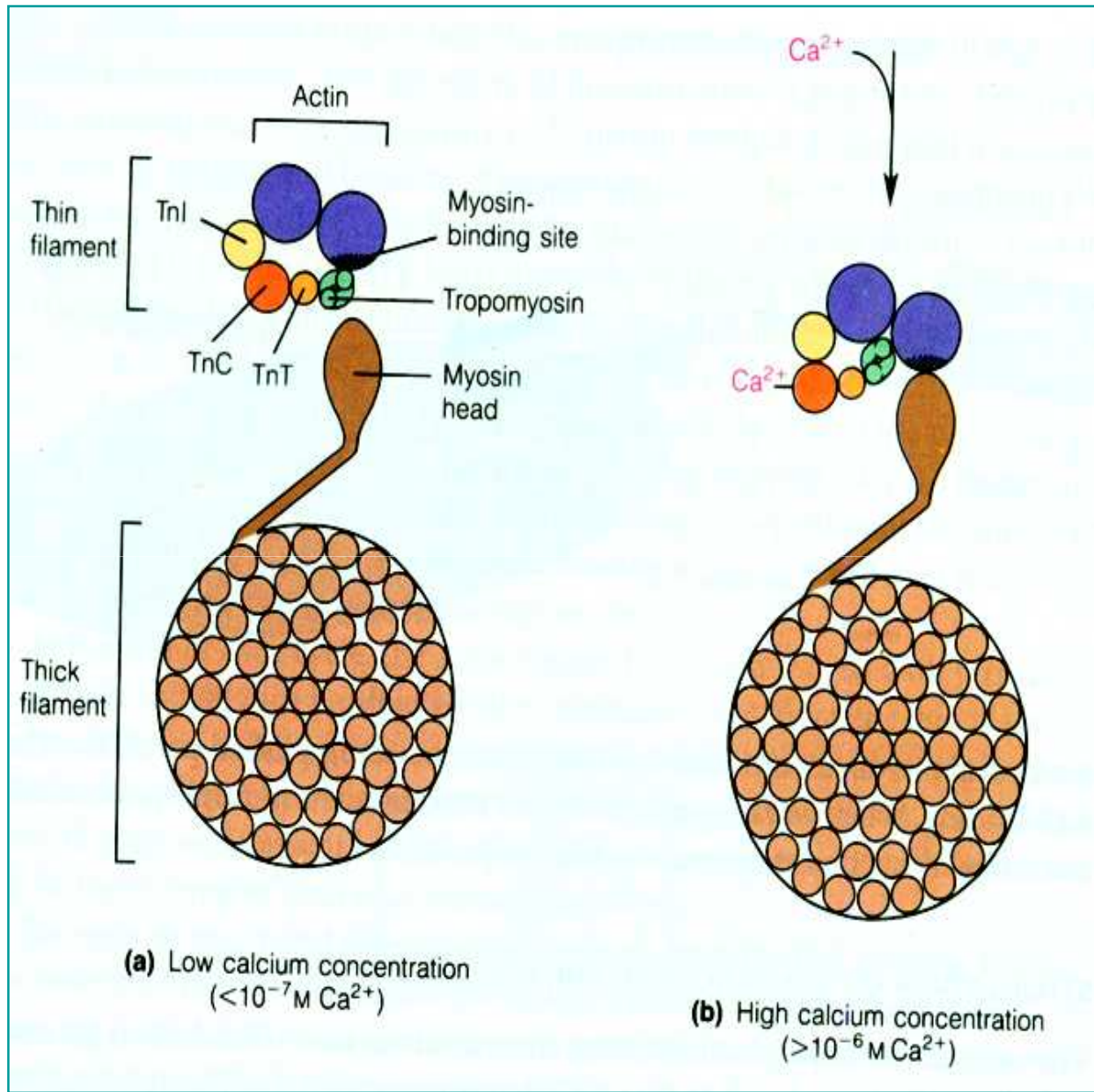
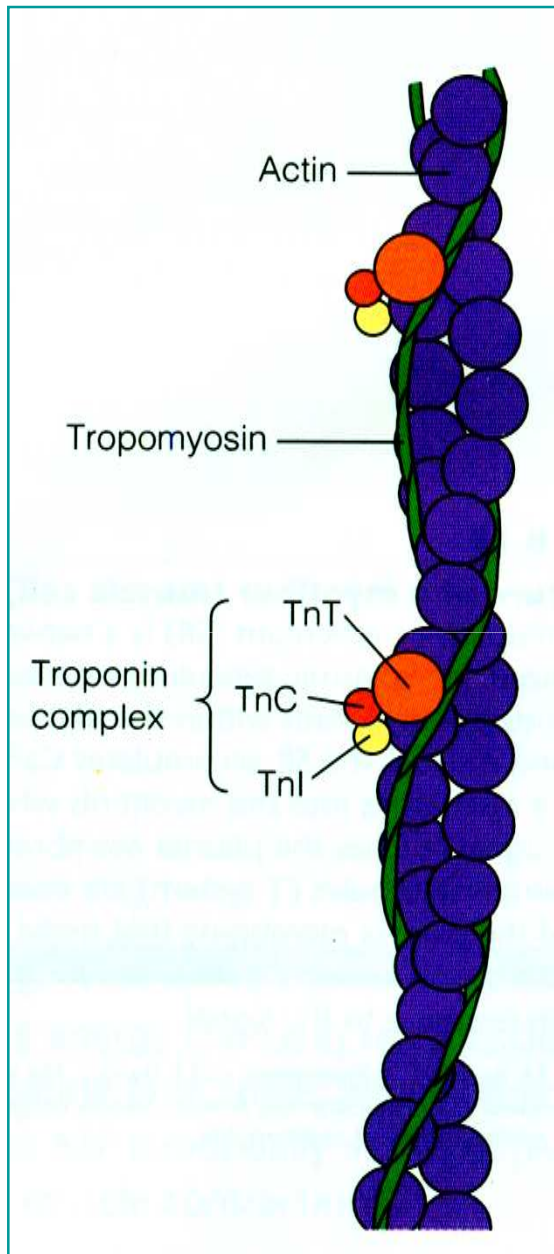


- Berfungsi pula menghambat kalsium di sinapsis sel saraf = mencegah ekskresi neurotransmitter terutama adrenalin , nor adrenalin



Kalsium (Ca)

- Merupakan mineral yang sulit diperoleh dari makanan kita sehari-hari
- Berfungsi :
 - Kontraksi otot
 - Secondary messenger
 - Pembentukan tulang dan otot
 - Koagulasi darah
 - Pemecahan glikogen dan aktivator siklus kreb
- Untuk melakukan kontraksi → otot membutuhkan ATP (dlm myofibril)
- Tapi yang menstimulasi terjadinya kontraksi = Ca



Kalium (K)

- Merupakan mineral esensial dan byk dikenal sbg elektrolit
- Fungsi tubuh → normal = tergantung konsentrasi K di dlm dan luar sel
- Berfungsi sebagai
 - Menjaga potensial membran sel
 - Kofaktor enzim

- Menjaga potensial membran
 - K – kation utama di dalam sel, N – kation utama di luar sel
 - K di dlm sel : 30 x lbh tinggi dibanding luar sel
 - Na di luar sel : 10 X lbh tinggi dibanding dlm sel
 - Perbedaan konsentrasi = gradien elektrokimiawi membran → potensial membran
 - Potensial membran penting dalam → penyampaian sinyal untuk komunikasi antar sel : sel saraf
- Sbg kofaktor : contoh : pyruvat kinase (metabolisme karbohidrat)

Interaksi Kalsium & Fosfor

- membentuk garam Kalsium fosfat dlm tulang & gigi (80-90%), & jar.Lunak
- Fungsi Ca^{2+} : penggumpalan darah, kontraksi otot, penghantar rangsang, aktivitas bbrp enzim
- Fungsi P: transport energi (ATP, ADP, Kreatin P, fosfoenolpiruvat)
- Absorpsi Ca di lumen intestin dipengaruhi oleh P → Ca:P = 1:1-1:3, jika P > 3 absorpsi Ca terhambat → kekurangan Ca → Rachitis
- Absorpsi Ca & P dipengaruhi vitamin D
- Kadar Ca dlm darah diatur oleh hormon paratiroid

Interaksi Natrium & Kalium

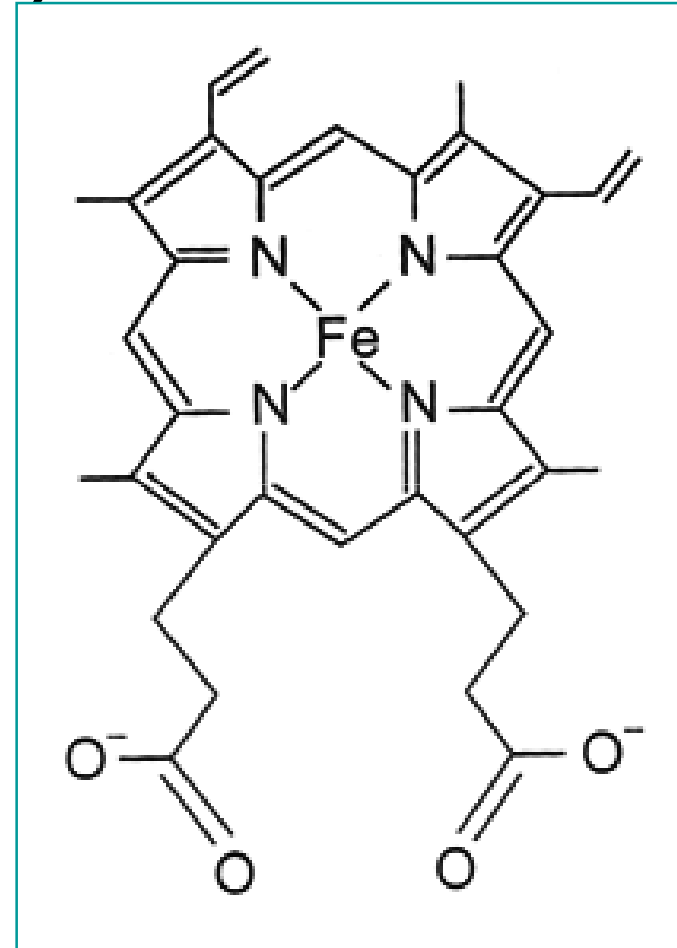
- Penting dalam keseimbangan cairan & elektrolit serta asam-basa
- Fungsi:
 1. mempertahankan keseimbangan air
 2. mempertahankan tekanan osmosis
 3. mempertahankan keseimbangan asam-basa
 4. mekanisme pompa Na-K
- Metabolisme Na-K oleh hormon aldosteron

Interaksi Klor & Belerang

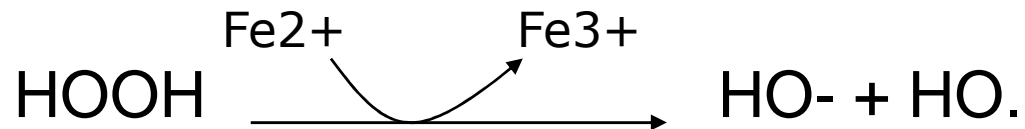
- Peran Cl dlm “chloride shift” → transport CO₂ dlm darah
- Belerang (S) mrpkn komponen dari
 - asam amino esensial metionin
 - koenzim ASH
 - antikoagulan (heparin)
 - reduktor glutathion
 - hormon insulin
 - vit. Biotin, as.folat
- Rasio sulfar anorganik:protein dlm urin normal = 5:1 → indeks metabolisme protein dlm tubuh

Besi (Fe)

- Fungsi utama : bergabung dgn protein dan tembaga = membentuk hemoglobin (transport O_2 dr paru2 ke jaringan yg membutuhkan)
- Penting pula untuk pembentukan myoglobin (pengangkut O_2 di dlm otot)
- Penting untuk penderita thyroidism
- Keseimbangan antara Fe, Zn & Cu \rightarrow penting untuk menjaga dan mencegah thyroidism



- Terdapat dlm bentuk Fe (II) atau (Fe(III)) → di dlm tubuh ditemukan berasosiasi dgn protein Di dalam tubuh tersimpan dlm jumlah besar dalam protein → ferritin
- Dlm btuk bebas di dalam tubuh : konsentrasi sgt rendah. Karena
 - Ion Ferri tidak larut dalam air
 - Mungkin ion ferro toksik bagi sel → dpt berakasi dg hidrogen peroksida → radikal hidroksil

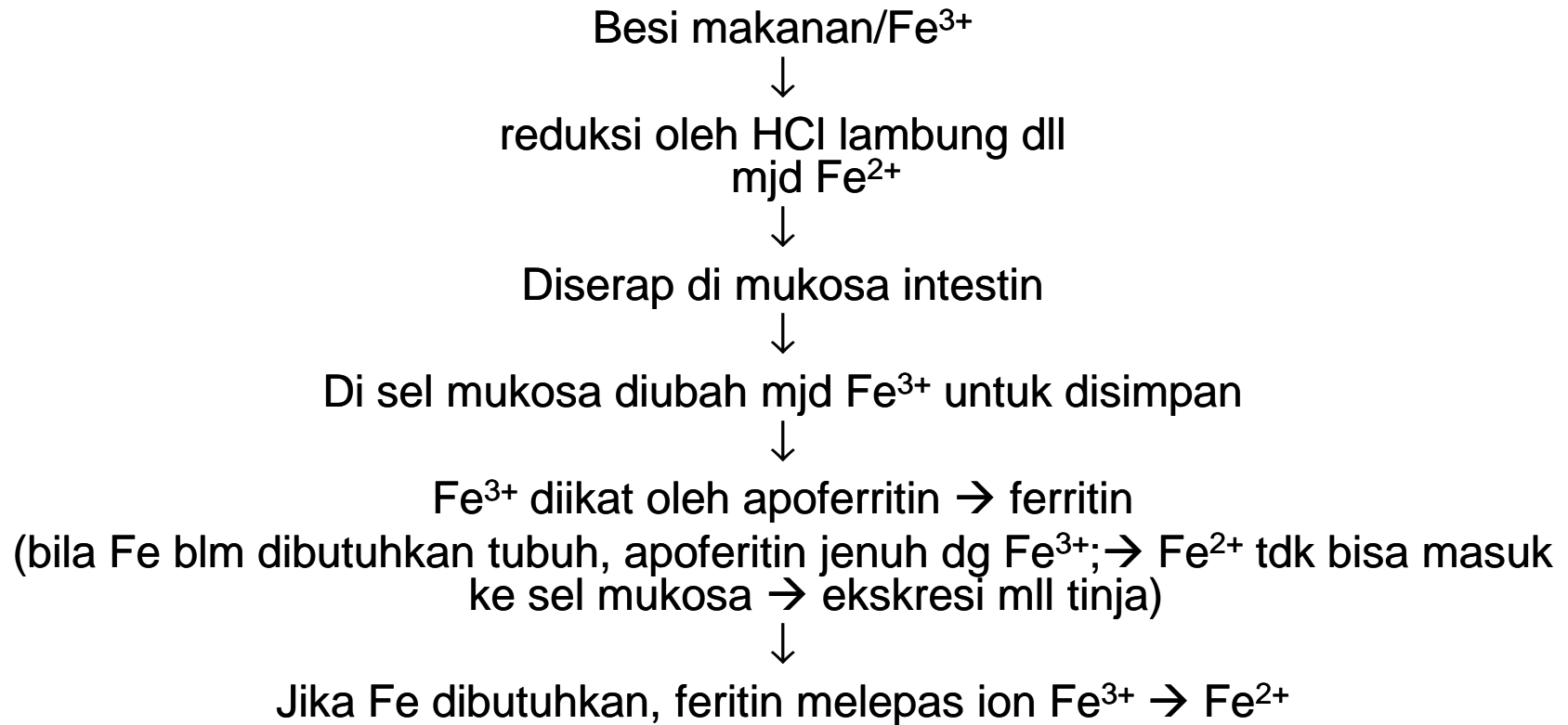


- Makanan biasa mengandung Fe (III) → tapi untuk mudah diserap harus dlm bentuk Fe (II)
- Reduksi Fe (III) menjadi Fe (II) → dgn askorbat (vit C) atau dgn suksinat

Metabolisme

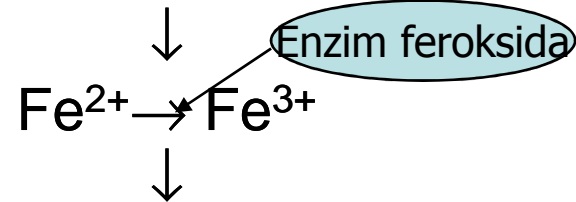
- Tubuh mengandung 3-4 gram.
- Peranan: respirasi seluler (unsur Hb, sistem sitokrom, enzim katalase-peroksidase)
- Besi aktif: Fe^{2+} & Fe^{3+} , dlm makanan: ion ferri (Fe^{3+}) terikat seny.organik
- Mukosa intestin mengandung apoferritin → mengatur jumlah besi makanan yang diserap (dlm bentuk ferro/ Fe^{2+})
- Kelebihan besi dikekskresi ml tinja → hitam kelam-mengkilat → *Mucosal block system*

Mucosal Block System



Besi

Fe^{2+} diserap intestin masuk ke sirkulasi



Fe^{3+} diikat oleh protein → transferin

↓
Ditransport ke jaringan

- Anemia nutrisi (mikrositer hipokromik) dg Hb rendah krn infeksi cacing tambang & perdarahan masif
- Kelebihan besi krn transfusi → hemosiderosis
- Pil KB → meningkatkan pembuangan besi

Non heme iron enzyme	function
Aconitase	Siklus kreb
Suksinat DH	Siklus kreb
NADH DH, CoQ reduktase	Rantai respirasi
Adrenodoksin	Sintesis hormon steroid dlm kolesterol
Desaturase	Sintesis asam lemak tak jenuh
Xathine DH	Katabolisme purine ring
Ribonukleotida reduktase	DNA sintesis

❖ INDIKATOR Pengukuran

Hb,

Hematokrit,

Serum Besi,

Serum Ferritin,

Transferin Saturation,

FEP

HAEMOGLOBIN (Hb)

Dpt tentukan prevalensi Anemia

Macamnya:

1. METODE SAHLI

2. METODE

CYANMETHHEMOGLOBIN

• HEMATOKRIT (HCT)

- Volume SDM yg terpisah dr plasma
- Estimasi scr tdk langsung
Hb ($HCT = 3 \times Hb$)

SERUM FERRITIN (SF)

- Menilai status besi di hepar
- SF < 12 $\mu\text{g/L}$ (Defisiensi Fe)
- Metode : IRMA, RIA, ELLISA

TRANSFERIN SATURATION (TS)

- *Menilai kadar Fe dlm serum*
- *TS < 16 % (Defisiensi Fe)*
- *TIBC tinggi (Anemia Gizi Besi)*

FREE ERYTHROCYTE PROTOPHOPHYRIN (FEP)

*Menilai kecukupan Fe utk pembtk
Sel Darah Merah di sumsum
Tulang*

Normal : 35 – 50 $\mu\text{g}/\text{dl}$ RBC

FEP > 100 $\mu\text{g}/\text{dl}$ (Defisiensi Fe)

Metode : Flurometric

Tahap Kekurangan Besi

- *Tahap 1 : Cadangan Fe
hepar <<*
- *Tahap 2 : Fe << utk sintesis
SDM di SSM Tulang*
- *Tahap 3 : Kadar Hb <<*

GEJALA

- *Pucat, rasa lemah, letih, pusing*
- *Kurang nafsu makan*
- *Menurunnya kebugaran tubuh*
- *Menurunnya kemampuan kerja*
- *Menurunnya kekebalan tubuh*
- *Gangguan penyembuhan luka*
- *Kemampuan mengatur suhu tubuh menurun*



Gejala pada Anak

- *Apatis*
- *Mudah tersinggung*
- *Menurunnya kemampuan untuk berkonsentrasi dan belajar*



Kelebihan Besi

Jarang terjadi karena makanan

- *Penyebab → suplemen besi*

Gejala :

- *Rasa nek*
- *Muntah*
- *Diare*
- *Denyut jantung meningkat*
- *Sakit kepala*
- *Mengigau*
- *Pingsan*

Zinc (Zn)

- Element essential dalam makanan baik (tumbuhan, hewan dan manusia)
- Dibutuhkan untuk pembentukan substansi genetik dlm sel dan untuk reproduksi biologis
- Diperlukan dlm sintesis DNA dan RNA
- Merupakan bagian dari ± 200 metalloensim
- Kekurangan Zn : tidak spesifik krn banyaknya ensim yg membutuhkan Zn

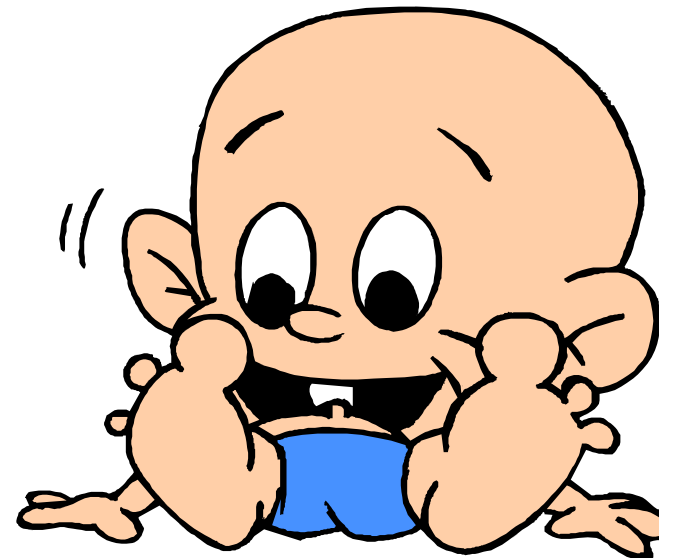
- Defisiensi Zn :
 - Serious immunodeficiency
 - increased numbers of infections
 - stunted growth
 - delayed sexual maturation dll

KEBUTUHAN

- Bayi
3 – 5 mg
- 1 – 9 tahun
8 – 10 mg
- 10 - > 60 tahun
15 mg (baik pria maupun wanita)
- Ibu hamil
+ 5 mg
- Ibu menyusui
+ 10 mg

Pada golongan rentan(anak-anak,
bumil, busui serta orang tua)

Sebab: Pengkonsumsian makanan
sereal tumbuk dan kacang-kacangan



Tanda-tanda DEFISIENSI

- *Gangguan pertumbuhan*
- *Kematangan seksual*

Defisiensi mengakibatkan

- Fungsi pencernaan terganggu
- Diare
- Gangguan fungsi kekebalan
- Mengganggu metabolisme vit A
- Mengganggu fungsi kelenjar tiroid & laju metabolisme
- Gangguan nafsu makan dll



Kelebihan Zn

- **3 x AKG**
 - > menurunkan absorpsi tembaga
 - > pada hewan —→ degenerasi otot jantung
- **10 x AKG**
 - > mempengaruhi metabolisme kolesterol
 - > mengubah nilai lipoprotein
 - > mempercepat timbulnya aterosklerosis

Yodium

- Merupakan komponen hormon tiroksin (T3 & T4)
- Pengambilan I oleh kel. Tiroid dipengaruhi hormon TSH (tirotropik, Thyroid Stimulating Hormone)
- Sebelum disekresi ke dalam sirkulasi, disimpan di kel. Tiroid dlm bentuk berikatan dg globulin (tiroglobulin)
- Ekskresi yodium mll urin, sedikit dlm air liur & air susu
- Defisiensi yodium → hipertrofi kel tiroid/gondok; myxedema & cretinisme (jika terjadi sejak intrauterin)

Pemeriksaan GAKI:

- *Test Laboratorium :*
 - *TSH : kadar normal 0,4 – 4,8 $\mu\text{g/ml}$*
- *Urinary Excretion Iodine (UEI)*

2. TSH neonatal

- *Sangat penting untuk kabupaten/kota endemik sedang & berat atau pernah dinyatakan endemik berat*
- *Satu-satunya cara untuk mengetahui adanya kretin baru*
- *Dilakukan pada semua bayi baru lahir.*
- *Dapat mendeteksi dini bayi hypothyroid transient maupun permanent.*
- *Perlu keterlibatan bidan/penolong persalinan.*
- *Menggunakan bercak darah pada kertas saring (Blood spot) atau Indek hipothyroid T.*
- *Perlu disiapkan sistem pelaporan.*

Kekurangan :

Gondok, gejala yang sangat luas :

- Kretinisme(cebol)*
- Pembesaran kelenjar tiroid*

Gejala Kekurangan

Iodium :

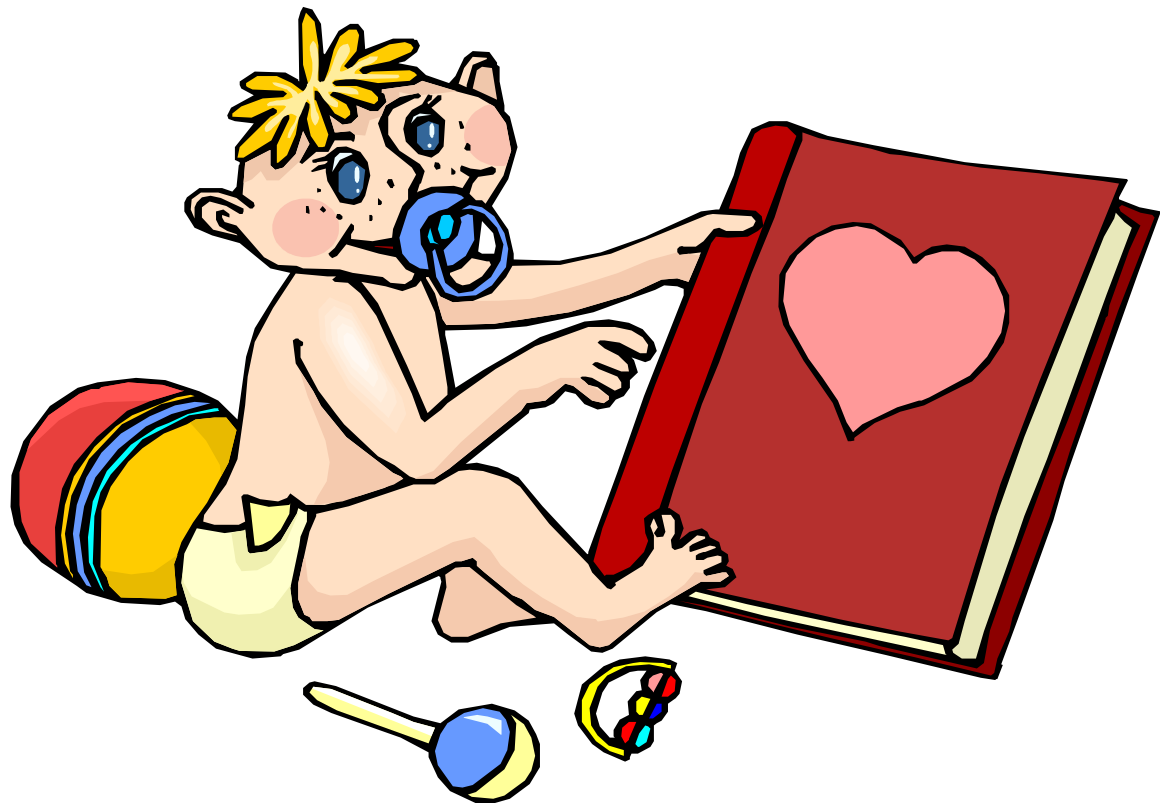
- Malas dan lamban*
- Kelenjar tiroid membesar*

Pada ibu hamil :

- *Mengganggu pertumbuhan dan perkembangan janin*
- *Keadaan berat bayi lahir dalam keadaan cacat mental yang permanen*
- *Kretinisme pada bayi*

Pada Anak :

➤ *Menyebabkan kemampuan belajar yang rendah*



Kelebihan :

- > pembesaran kelenjar tiroid*
- > sesak nafas*

Tembaga

- Tubuh manusia mengandung 100-150 mg Cu
- Hati, otot, SSP, jantung & ginjal : kandungan Cu tinggi
- Saliva & getah lambung mengandung senyawa BM rendah membentuk senyawa kompleks mudah larut dg Cu^{2+} → Cu^{2+} mudah diserap di mukosa intestin
- Dlm sel mukosa intestin, Cu^{2+} dibebaskan kemudian diikat oleh *metalotionein*
- Di dalam darah 5% Cu diikat oleh albumin, sisanya diikat oleh seruloplasmin (alfa-2-globulin)
- Cu berhubungan dg senyawa biologis aktif lain spt MAO (monoamin oksidase), superoksida dismutase, tirosinase, sitokrom oksidase

Kebutuhan

Amerika Serikat menetapkan jumlah tembaga yang aman untuk dikonsumsi adalah sebanyak 1,5-3,0 mg sehari.

Kekurangan :

- *Mengganggu pertumbuhan dan metabolisme*
- *Demineralisasi tulang*

Gejala Klinik :

- *Bayi gagal tumbuh kembang*
- *Edema dengan serum albumin rendah*
- *Anemia dengan perubahan pada metabolisme besi dan perubahan pada jaringan tulang*
- *Gangguan fungsi kekebalan*
- *Perubahan pada kerangka tubuh yang dapat menyebabkan patah tulang dan osteoporosis*
- *Hernia dan pelebaran pembuluh darah karena kegagalan pengikatan silang kolagen dan elastin*
- *Depigmentasi rambut dan kulit*

Kelebihan :

- ✓ *Nekrosis hati*
- ✓ *Muntah-muntah dan diare*
- ✓ *Perdarahan intravaskuler*
- ✓ *Gagal ginjal*
- ✓ *kematian*

Sebab :

- Memakan suplemen tembaga*
- Menggunakan alat memasak dari tembaga*

Mangan

Kekurangan

- ✓ *Steril pada hewan jantan dan betina*
- ✓ *Kelainan kerangka*
- ✓ *Gangguan kerangka otot*

Kelebihan :

- *Keracunan*
- *Kelainan otak*
- *Penampilan dan tingkah laku abnormal*

Krom

Kelebihan :

- Penyakit hati*
- Kanker paru-paru*

Selenium

Kekurangan :

- *Glutation peroksidase*
- *Lemah*
- *Sakit pada otot*
- *Kardiomiopati*

Kelebihan :

- *Muntah-muntah*
- *Diare*
- *Rambut dan kuku rontok*
- *Luka pada kulit dan sistem saraf*

FLUOR

Kekurangan :

- ❖ *Kerusakan gigi*
- ❖ *Keropos tulang*

Kelebihan :

- *Keracunan*

Gejala :

> fluorosis

> mulas

> diare

> sakit di daerah dada

> gatal

> muntah