

Metabolisme mineral





Mineral

- Merupakan elemen inorganik .
- Fungsi:
 - sebagai kofaktor enzim yang mengkatalisir reaksi.
 - Regulasi asam basa
 - konduksi syaraf.
 - muskle iritabilitas
 - struktur elemen dalam tubuh



Metabolisme Mineral

- Mineral diperlukan bagi fungsi fisiologik dan biokimia.
- Makromineral: diperlukan dalam jumlah yang lebih besar dari 100 mg/ hari.
- Mikromineral (trace element) diperlukan dalam jumlah yang kecil dari pada 100 mg/hari.



Makromineral yang Essensial

- Kalsium.
- Fosfor.
- Natrium.
- Kalium.
- Klorida.
- Magnesium.



MIKROMINERAL

- Kromium
- Kobalt
- Tembaga
- Yodium
- Besi
- Mangan
- Molibdenum
- Selenium
- Silikon
- Seng
- Flourida



KALSIUM.

- **Fungsi:** unsur pembentuk tulang, gigi, dan pengaturan fungsi sel dan impuls saraf.
- Komponen integral dalam mekanisme pembekuan darah
- **Metabolisme:** absorpsi memerlukan protein pengikat – kalsium yang diatur oleh vitamin D, hormon paratiroid dan kalsitonin.
- **Penyakit:** rakitis, osteomalasia dan osteoporosis



Kalsium

- Konsentrasi Ca ekstraseluler $\downarrow \rightarrow$ sekresi PTH \rightarrow me \nearrow absorpsi Ca dari filtrat glomerulus dan me \downarrow absorpsi Fosfat .
- PTH \rightarrow vitamin D aktif \rightarrow merangsang pengeluaran Ca dari tulang dan meningkatkan transport aktif Ca dari intestinal ke plasma darah.

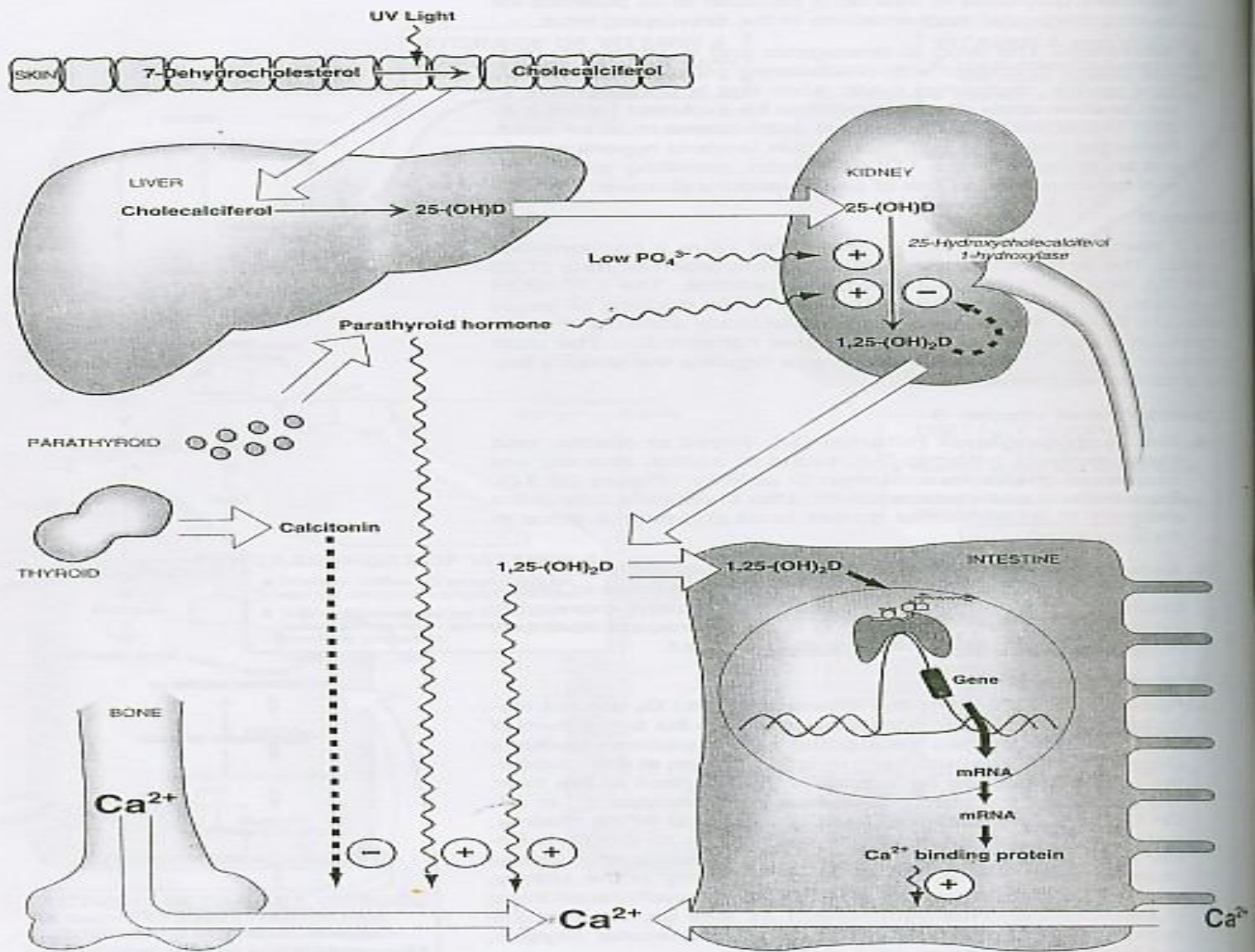


Figure 28.18
Metabolism and actions of vitamin D.



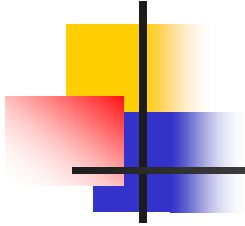
Kalsium

- Meningkatnya konsentrasi Ca dalam cairan ekstraseluler → sekresi calcitonin → Ca plasma ↓ karena pe ↓ resorpsi Ca pada tulang dan pe ↑ pengeluaran Ca melalui urin.



Kalsium

- Dalam tubuh : Bentuk kristal kalsium fosfat (tulang dan gigi).
- Pada tulang : dalam bentuk hidroksiapatit $[3\text{Ca}_3 (\text{PO}_4)_2 \cdot \text{Ca}(\text{OH})_2]$
- Dalam bentuk : $\text{Ca}^{2+} \rightarrow$ kontraksi otot, transmisi impuls syaraf, transport ion, transmisi dari sinyal yang menyeberangi membran.
- Sumber : susu, suplemen kalsium, Kalsium karbonat, Kalsium glukonat, Kalsium laktat



- **Gejala toksisitas:** terjadi absorpsi yang berlebihan akibat hipervitaminosis D atau hiperkalsemia atau hiperparatiroid.



Fosfor

- Terlibat dalam metabolisme energi sebagai bagian dari ATP.
- Bagian dari nukleotida lain dari berbagai zat terfosforilasi
- Ikut dalam pengaktifan beberapa reaksi dalam semua metabolisme.
- Konsentrasi intraseluler > ekstraseluler

- Merupakan buffer intraseluler.

- Sebagai bagian dari fosfolipid

→ membentuk struktur bilayer dari dinding sel dalam suatu larutan.

- Fosfor diserap dari diet dalam bentuk fosfat anorganik bebas.
- Sumber : sangat banyak terdapat pada makanan yang terproses (cocacola), makanan yang kaya protein (daging)



FOSFOR

- **Fungsi:** unsur pembentuk tulang, gigi, ATP intermediat metabolik terfosforilasi, asam nukleat.
- **Metabolisme:** Kontrol absorpsinya tidak diketahui (vitamin D?). Kadar serum diatur oleh reabsorpsi ginjal.
- **Penyakit:** Anak-anak; rakitis.
Dewasa; osteomalasia



FOSFOR

- **Gejala toksisitas:** rasio serum $\text{Ca}^{2+} : \text{P}$, yang rendah menstimulasi hipertiroidism sekunder; dapat menyebabkan hilangnya tulang.
- **Sumber:** Zat tambahan makanan mengandung fosfat



NATRIUM

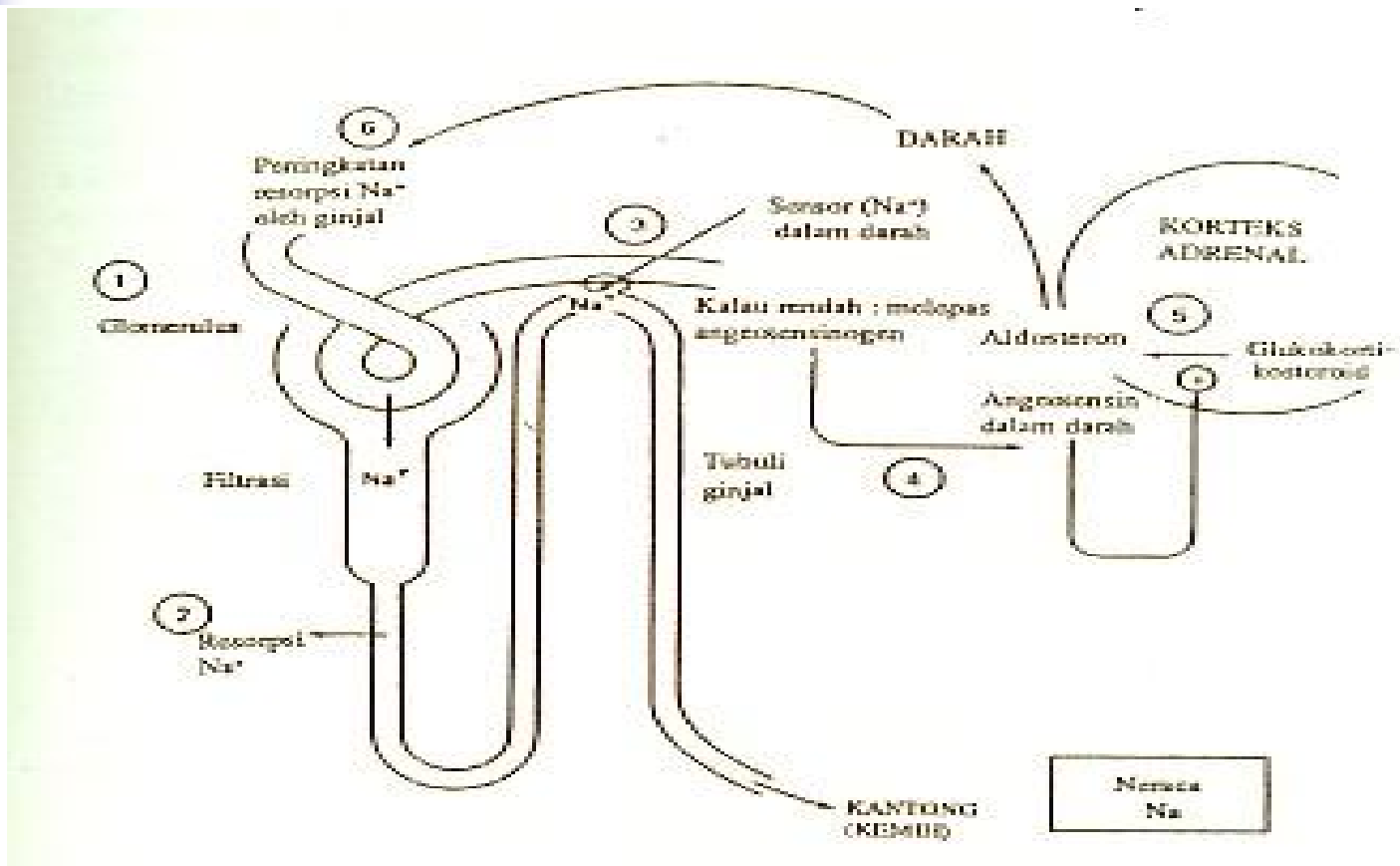
- **Fungsi:** Kation utama di dalam cairan ekstrasel. Mengatur volume plasma, keseimbangan asam-basa, fungsi saraf dan otot, $\text{Na}^+ / \text{K}^+ \text{-ATPase}$
- **Metabolisme:** Diatur oleh aldosteron.
- Defisiensi : secara diet tidak pernah terjadi tapi dapat terjadi pada keadaan abnormal → penyakit addison (fungsi adrenal dan aldosteron tidak ada).



Natrium

- Konsentrasi Na rendah → angiotensin dalam darah → aldosteron dari korteks adrenal → meningkatkan resorpsi Na^+ oleh ginjal → Me ↗ kehilalangan K melalui urin.

Metabolisme natrium





NATRIUM

- **Gejala toksisitas:** Hipertensi pada individu yang rentan, cushing disease, dan cedera otak.
- **Sumber:** garam meja; garam yang ditambahkan pada makanan jadi



KALIUM

- **Fungsi:** Kation utama didalam cairan intrasel; fungsi saraf dan otot, Na^+/K^+ -ATPase, keseimbangan asam basa
- **Metabolisme:** Juga diatur oleh aldosteron.
- Defisiensi : Hipokalemia → diare, muntah, asiduria, penyakit cushing (kelebihan steroid).



KALIUM

- Hiperkalemia : Kerusakan jaringan (infark myokard) atau kerusakan ginjal dan ulkus usus halus.
- **Sumber:** Sayuran, buah, kacang-kacangan



KLORIDA

- **Fungsi:** Keseimbangan cairan dan elektrolit, keseimbangan asam basa, getah lambung, pergeseran klorida pada transpor HCO_3^- didalam eritrosit
- **Penyakit:** Bayi yang mendapat susu formula bebas garam. Terjadi sekunder karena vomitus, terapi diuretik, penyakit ginjal
- **Sumber:** Garam meja



Magnesium

- 60% terdapat pada tulang sebagai bagian mineral yang mengkristal dan permukaan kristal terhidrasi.
- Sisanya terdapat dalam sel-sel jaringan lunak → fungsinya menstabilkan ATP dalam reaksi enzim yang membutuhkan ATP (siklus Krebs, glikolisis, siklasi adenil, fosfatase, reaksi sintesis protein dan asam nukleat

- Berperan dalam transmisi dan aktivitas neuromuskular.

■ Fungsi :mobilisasi mineral tulang dan hormon paratyroid.

- Erat hubungan dengan mineral lain yang terlibat dalam metabolisme tulang atau jaringan lunak.

- Sumber :biji-bijian, kacang-kacangan dan coklat



Magnesium

- Defisiensi : sebagai komplikasi penyakit lain melibatkan malabsorpsi intestin dan menurunkan fungsi ginjal.
- → rendah kadar Ca^{2+} dan K^{+} dalam plasma.
- Gejala : tetani.
- Terapi :garam Magnesium peroral atau perinjeksi



MAGNESIUM

- **Fungsi:** Unsur pembentuk tulang, gigi, kofaktor enzim (kinase, dll).
- **Penyakit:** Terjadi sekunder karena malabsorpsi atau diare, alkoholisme.
- **Gejala tosisitas:** Penekanan refleks tendo profunda dan depresi respirasi
- **Sumber:** Sayuran hijau berbentuk daun (mengandung klorofil)



KROMIUM

Fungsi: Kromium trivalen (Cr^{3+}),
konstituen faktor toleransi glukosa (GTF)
yang berikatan ke dan meningkatkan
potensi insulin.

- Defisiensi :terjadi pada pasien dengan
nutrisi via parenteralis → intoleransi
glukosa,hiperkolesterolemia (HMG KoA
reduktase) dan trigliserida dalam serum
meningkat → sclerotic aortic plaques.



KROMIUM

- **Sumber:** Daging, hati, ragi (brewer's yeast), padi-padian, whole grain, kacang-kacangan, keju.

Kromium



- Acetyl-CoA + Acetoacetyl-CoA + H₂O
HMG- CoA oleh enzim : **HMG CoA Synthase**.
- Di cytosol HMG-CoA → Mevalonat oleh enzim **3-hydroxy-3 methyl glutaryl-CoA Reductase (HMG CoA Reductase)**
- Mevalonic acid melalui serangkaian reaksi → Cholesterol.



KOBALT

- Bagian (intrinsik) dari vitamin B₁₂ yang dibutuhkan dalam 2 reaksi enzimatik :
 - 1.Sintesis metionin dari homosistein.
 - 2.Konversi metimalonil → suksinil KoA.
- Kobalt yang disuplai secara eksklusif dalam bentuk vitamin B₁₂.
- Dosis tinggi garam kobalt → proliferasi sel-sel eritropoetik sumsum tulang dan sel –sel tiroid (injeksi)



TEMBAGA (Cu)

- **Fungsi:** Konstituen enzim oksidase: sitokrom c oksidase, dll. Sitosolik superoksid dismutase (paling banyak). Berperan pada absorpsi besi.
- **Metabolisme:** Diikat oleh albumin dan dan suatu protein baru (transcuprein) → hati → diproses :
 1. diinkorporasi dengan seruloplasmin.
 2. eksresi melalui empedu



TEMBAGA

- **Gejala toksisitas:** Jarang; timbul sekunder akibat penyakit Wilson
- **Sumber:** Hati, kacang-kacangan dan kerang-kerangan.
- **Penyakit:** Anemia (hipokromik mikositer); timbul sekunder akibat malnutrisi, sindrom, menke.



YODIUM

- Sehubungan dengan fungsi tiroid, bagian dari tri dan tetraiodotironin (T_3 dan T_4).
- $T_4 \rightarrow$ Tiroksin.
- **Metabolisme:** Disimpan didalam tiroid sebagai tiroglobulin.
- **Penyakit:** Anak-anak; kretinism
Dewasa; goiter dan
hipotoroidism, miksedema
- **Gejala toksisitas:** tirotoksikosis, goiter.
- **Sumber:** Garam beryodium, makanan laut.



Yodium

- Fungsi H.Tiroid →
 - Berpengaruh dalam komsumsi oksigen dan tingkat metabolisme.
 - Meningkatkan utilisasi ATP
 - Merangsang pelepasan asam lemak dari jaringan adiposa



Yodium

- Dalam sal.pencernaan iodium bahan makanan → dikonversi menjadi I^- (mudah diserap) → bergabung dengan pool iodida intra / ekstraseluler →iodium ke kelenjar tiroid untuk disimpan setelah mengalami peroksidasi akan melekat dengan tirosin dari tiroglobulin.
- Tingkat bebasnya hormon tersebut dimonitor oleh hipotalamus melalui TSH

Yodium



Konsentrasi T_4 plasma jauh lebih besar dari T_3 tapi T_3 lebih potensial dan turnover-nya lebih cepat.

- T_3 plasma dibuat dari T_4 dengan jalan deiodnasi dalam jaringan nontiroid.
- Sebagian besar kedua bentuk ini terikat pada protein plasma terutama thyroid binding-gobulin (TBG).
- Hormon yang bebas aktivitas pada sel target

Yodium

Defisiensi : Menurunkan produksi hormon tiroid terutama T_4 dan menurunkan tingkat metabolisme.

- Defisiensi iodium $\rightarrow T_3/ T_4$ menurun \rightarrow memobilisasi mekanisme merangsang produksi T_3/ T_4 (TSH) dan retensi iodium oleh tubuh.
- Konsentrasi TBG meningkat dan TSH merangsang sintesis tiroglobulin \rightarrow hipertrofi / hiperplasia kelenjar tiroid



Yodium

- Hipertrofi tiroid → terapi diet beryodium. Kalau cukup lama dengan tiroksin.
- Faktor lain yang dapat mengakibatkan hipertofi tyroid : genetik, mengkonsumsi zat-zat goitrogen (lobak, kol) karena menghambat sintesis dan sekresi hormon tyroid.

IODIUM
 (total dalam tubuh:
 10 - 20 mg
 bervariasi)
 1 - makanan
 (I⁻ + I⁻ +
 organik I)

500 µg

500 µg

Kelenjar salivari
 mukosa lambung
 pleksus koroid
 Kelenjar mammae
 beraktansi
 (I⁻ terkonsentrasi)

CAIRAN EKSTRA-
 SELULER
 Pool - I
 (250 µg)

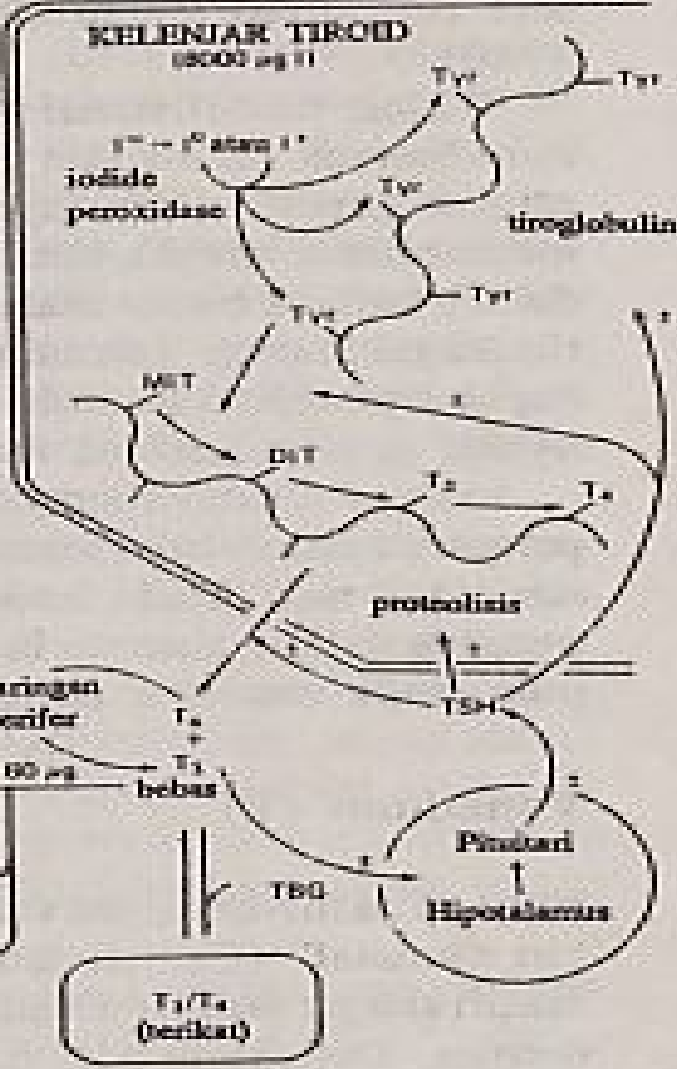
120 µg

48 µg I⁻

SEL TARGET
 O₂ P₄₅₀
 TG → FFA
 Sinteis
 Kolesterol

1+

1+



Jaringan perifer

60 µg

T₄/T₃
 (bebas)

Iodida organik

12 µg
 STOOL

488 µg I⁻
 URIN

BESI

■ **Fungsi:** Konstituen enzim heme
(hemoglobin, sitokrom, dll)

- **Metabolisme:** diangkut sebagai transferin; disimpan sebagai feritin atau hemosiderin; hilang pada sel-sel yang terlepas dan melalui perdarahan.
- **Sumber:** Daging merah, hati, telur. Alat masak dari besi



Besi

- Pitat, oksalat, tannin, dan fosfat yang ada dalam makanan → membentuk endapan besi yang tidak larut → besi tidak dapat diserap.
- Pada keadaan akhlorida → membentuk ikatan hidroksida yang tidak larut → untuk mencegahnya digunakan iron chelating agents (vit.C, fruktose, fumarat dan asam amino) → Fe dapat larut



Besi

- Defisiensi Fe : tidak tersedia dalam diet atau hilangnya Fe karena perdarahan selama masa menstruasi, kehamilan dan perdarahan pada gastrointestinal yang tidak terdeteksi.
- **Penyakit:** Anemia (hipokromik mikrositik)
- **Gejala toksisitas:** Siderosis; hemokromatosis hereditas.



Besi

- Konsentrasi Fe di jaringan dalam jumlah yang tinggi → infark myocard → Fe inorganik yang tidak berikatan merangsang pembentukan radikal oksigen yang reaktif → H_2O_2 .
- Defisiensi Fe diterapi : Ferro sulfat, Ferro glukonat, Ferro fumarat.



MANGAN

- **Fungsi:** Kofaktor enzim piruvat dan karboksilase asetil KoA dan dehidrogenase isositrat, dismutase superoksida, arginase (siklus urea), glukokinase. Sintesis glikoprotein dan proteoglikan. Superoksida dismutase mitokondria.
- **Penyakit:** Tidak diketahui ada pada manusia (Mg²⁺ dapat mensubsitusikan Mn²⁺)



MANGAN

- **Gejala toksisitas:** Keracunan melalui inhalasi menyebabkan gejala psikotik dan Parkinson.
- Sumber : kacang-kacangan, biji-bijian dan sayuran berdaun



MOLIBDENUM

- **Fungsi:** Konstituen enzim oksidase (xantin dan aldehyd oksidase).
- Berinteraksi dengan besi dan tembaga.
- **Penyakit:** timbul sekunder akibat nutrisi parenteral.
- Dari diet diserap baik → distribusi oleh plasma →berakumulasi di ginjal, hati, tulang dan kulit.
- Ekskresi : urin dan empedu (sedikit)
- Sumber : grain (lembaga biji-bijian) dan kacang-kacangan.



SELENIUM

- **Fungsi:** Konstituen glutathion peroksidase dan pencegahan kanker.
- **Metabolisme:** Antioksidan sinergistik dengan vitamin E.
- Defisiensi :gangguan metabolisme (Duchenne's muscular dystrophy), katarak dan tidak adanya spermatogenesis



SELENIUM

- **Gejala toksisitas:** Berada pada kadar toksik didalam sebagian tanah. Suplementasi mega dosis menimbulkan kerontokan rambut, dermatitis dan iritabilitas
- **Sumber:** Tanaman, tetapi bervariasi sesuai kandungan tanah.



SILIKON

- **Fungsi:** Berperan di dalam kalsifikasi tulang dan metabolisme glikosaminoglikan pada kartilago serta jaringan penyambung.
- Defisiensi :Gangguan pertumbuhan normal
- **Gejala toksisitas:** Silikosis akibat menghirup debu silikon dalam waktu lama
- **Sumber:** Makanan nabati



SENG

- **Fungsi:** Kofaktor banyak enzim: laktat dehidrogenase, alkalin fosfatase, karbonik anhidrase, dll. Pembentukan zinc fingers pada reseptor nuklear untuk steroid-tiroid, reseptor kalsiterol.
- Ekskresi : pankreas ,empedu, keringat, rambut, kulit dan urin.
- Sumber : biji-bijian .



SENG

- **Penyakit:** Hipogonadisme, kegagalan pertumbuhan, gangguan penyembuhan luka, penurunan ketajaman pengecap dan menghidu; terjadi sekunder akibat akrodermatitis enteropatika, nutrisi parenteral
- **Gejala toksitas:** Iritasi gastrointestinal, muntah.



FLUORIDA

- **Fungsi:** Meningkatkan kekerasan tulang (fluoroapatit) dan gigi
- **Penyakit:** Karies dentis; osteoporosis (?)
- **Gejala toksisitas:** Fluorosis dentis
- **Sumber:** Air minum.



TUGAS

- 1. Sebutkan proses metabolisme Ca .
- 2. Sebutkan proses metabolisme Na.
- 3. Sebutkan fungsi yodium.
- 4. Sebutkan mineral yang berfungsi sebagai regulasi asam basa.
- 5. Sebutkan mineral yang berfungsi sebagai koenzim.