

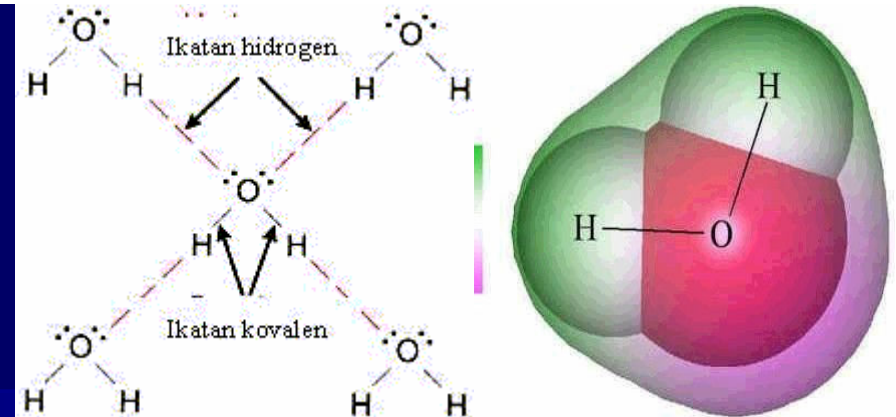
Air, pH & Elektrolit

Kuntarti

Air

- Air: media semua reaksi kimia biomolekul organik & anorganik polar dlm sel hidup
- Air melarutkan & mengubah struktur biomolekul (asam nukleat, protein & karbohidrat) membentuk ikatan hidrogen dengan gugus fungsional polarnya
- Biomolekul non-polar (spt lipid) mengubah struktur air
- Mekanisme homeostasis → mempertahankan lingkungan intrasel tetap konstan (pH, volume cairan & elektrolit/mineral)

Air



- Air → pelarut biologis ideal
 - * bentuk molekul: tetrahedron
 - * molekul membentuk dipol (muatan listrik/ elektron tersebar sama)
 - * membentuk ikatan hidrogen
 - ikatan paling lemah
 - berpotensi menguraikan molekul lain
- Air terdissosiasi membentuk proton/ ion hidrogen (H^+) & ion hidroksil (OH^-)

Air

- Mencapai 50-60% berat badan → 67% di intrasel, 33% di ekstrasel
- Distribusi cairan dlm tubuh ditentukan oleh tekanan osmotik.
- Tekanan osmotik diperlihatkan oleh:
 1. Senyawa organik BM tinggi (c/ protein)
 2. Senyawa organik BM kecil, jmlh besar (c/ glukosa)
 3. Ion Na^+ di ekstrasel & K^+ di intrasel

Air

- Jumlah cairan tubuh dipengaruhi oleh: umur, aktivitas, & tekanan hidrostatik
- Keseimbangan cairan: Input cairan \approx output cairan
- Jalur pembuangan air saling berhubungan
c/ udara panas: keringat $>$, urin $<$
udara dingin: keringat $<$, urin $>$
- Air oksidasi: 0,6 gr air/gr KH; 1,07 gr air/gr lemak; 0,41 gr air/gr protein

pH

- $\text{pH} = -\log [\text{H}^+]$ → pada air murni $\text{pH}=7$
→ pH rendah = $[\text{H}^+]$ tinggi;
pH tinggi = $[\text{H}^+]$ rendah
- Asam → donor proton; basa → akseptor proton
- Asam/ basa kuat (HCl , H_2SO_4 / NaOH , KOH): larutan asam/basa yang terdissosiasi secara lengkap
- Asam/ basa lemah : larutan asam/ basa yang terdissosiasi sebagian
- Sebagian besar zat biokimia asam lemah → sistem dapar/buffer/ penyangga: mencegah perubahan pH jika terjadi produksi atau konsumsi proton
- Sistem dapar fisiologis: bikarbonat, orthofosfat, & protein

Keseimbangan asam-basa tubuh

- Asam/ basa dalam tubuh \neq sifat asam/ basa yg sesungguhnya dlm arti kimia
- Asam \neq $\text{pH} < 7$ atau basa \neq $\text{pH} > 7$, tetapi asam = $\text{pH} < \text{pH}$ darah normal atau basa = $\text{pH} > \text{pH}$ darah normal
- pH darah normal 7,35-7,45
- Mekanisme di dlm tubuh harus mampu mempertahankan pH darah dalam rentang normal \rightarrow mekanisme kompensasi

Alat kompensasi tubuh

- Sistem darah
- Sistem respirasi
- Sistem ekskresi ginjal

Sistem dapar darah

- Darah mengandung sistem dapar : asam karbonat/garam bikarbonat

Persamaan Henderson Hasselbach:

$$\text{pH} = \text{pKa} + \log \frac{\text{kadar B+} \cdot \text{HCO}_3^-}{\text{kadar H+} \cdot \text{HCO}_3^-} \quad \text{untuk pH darah 7,4}$$

$$7,4 = 6.1 + \log \frac{\text{kadar B+} \cdot \text{HCO}_3^-}{\text{kadar H+} \cdot \text{HCO}_3^-} \quad \rightarrow \text{nilai rasio Garam: Asam} = 20:1$$

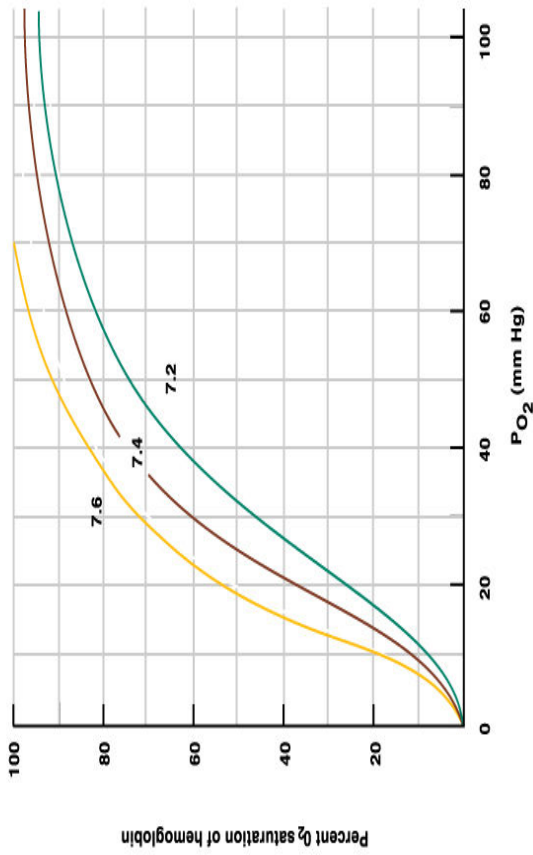
- Untuk mempertahankan pH darah tetap normal (7,4) diperlukan perbandingan kadar garam bikarbonat: kadar asam karbonat = 20:1

Sistem Pernapasan

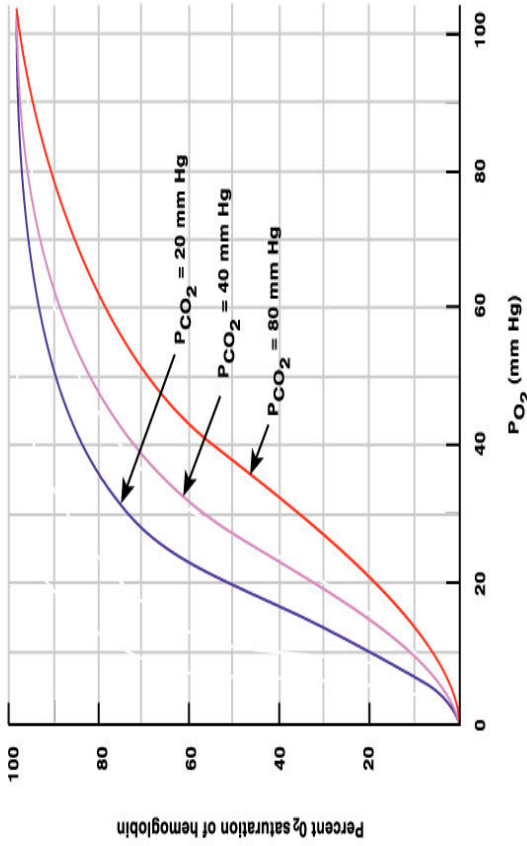
- Melibatkan:
 1. pemasukan O₂ & pelepasan CO₂ di alveoli
 2. Transportasi O₂ dari alveoli ke jaringan
 3. Transportasi CO₂ dari jaringan ke alveoli
- Ditentukan oleh proses difusi udara → tekanan parsial gas dlm udara pernapasan (pO₂ & pCO₂)
- Transportasi O₂ dlm darah berbentuk:
 1. gas larut dlm plasma (sedikit)
 2. O₂ terikat hemoglobin (HbO₂)
- Transportasi CO₂ dlm darah berbentuk:
 1. gas larut dlm plasma (sedikit)
 2. asam karbonat, larut dlm plasma (sedikit)
 3. ikatan karbamo dg protein darah termasuk Hb (20%)
 4. garam bikarbonat (70%)

Kurva disosiasi Hb-Oksi

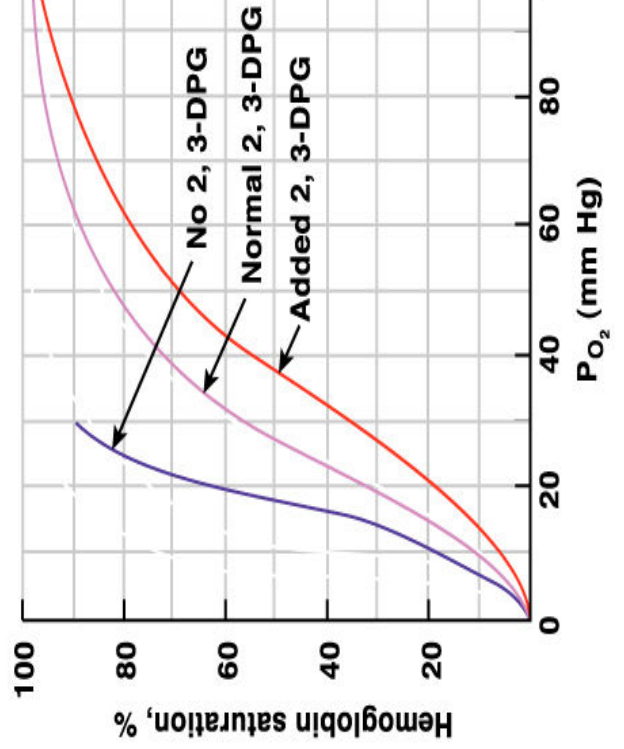
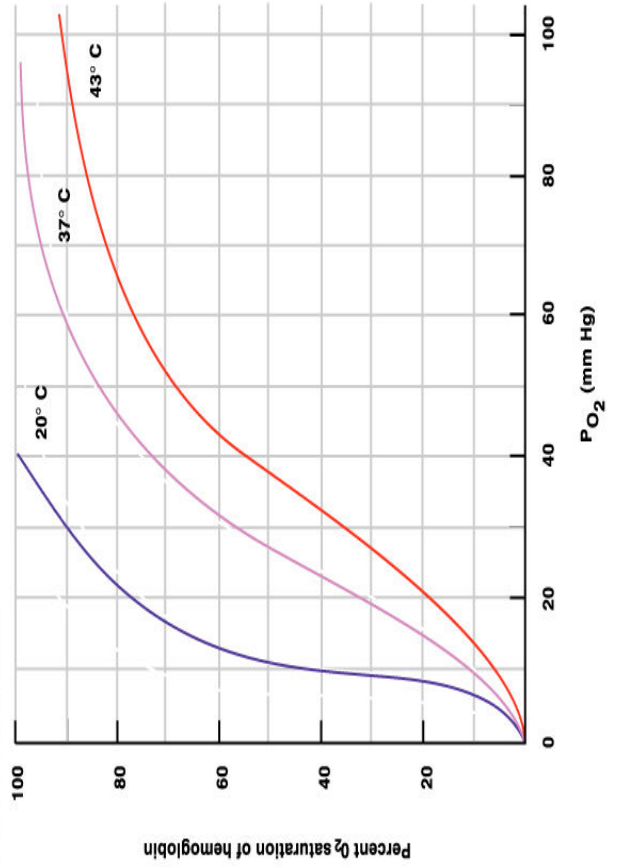
Effect of pH



Effect of PCO₂



Effect of temperature



Respiratory Exchange (Respiratory Quotient)

- Perbandingan antara banyaknya CO₂ yang dihasilkan dg banyaknya O₂ yang digunakan untuk pembakaran nutrien (KH, lemak, protein)

$$RQ = \frac{\text{CO}_2 \text{ yg dihasilkan}}{\text{O}_2 \text{ yg digunakan}}$$

- RQ karbohidrat = 1,00, artinya untuk menghasilkan 100 molekul CO₂ diperlukan 100 molekul O₂ dalam metabolisme karbohidrat. RQ lemak 0,7 dan RQ protein 0,82.

Chloride shift

- Gerakan ion Cl^- yg mengimbangi gerakan ion HCO_3^- dari atau ke plasma darah/ sel darah merah pd proses transportasi
- Chloride shift di kapiler jaringan berlawanan dg arah chloride shift di kapiler alveoli

Peranan Sistem Pernapasan dlm Keseimbangan Asam-Basa

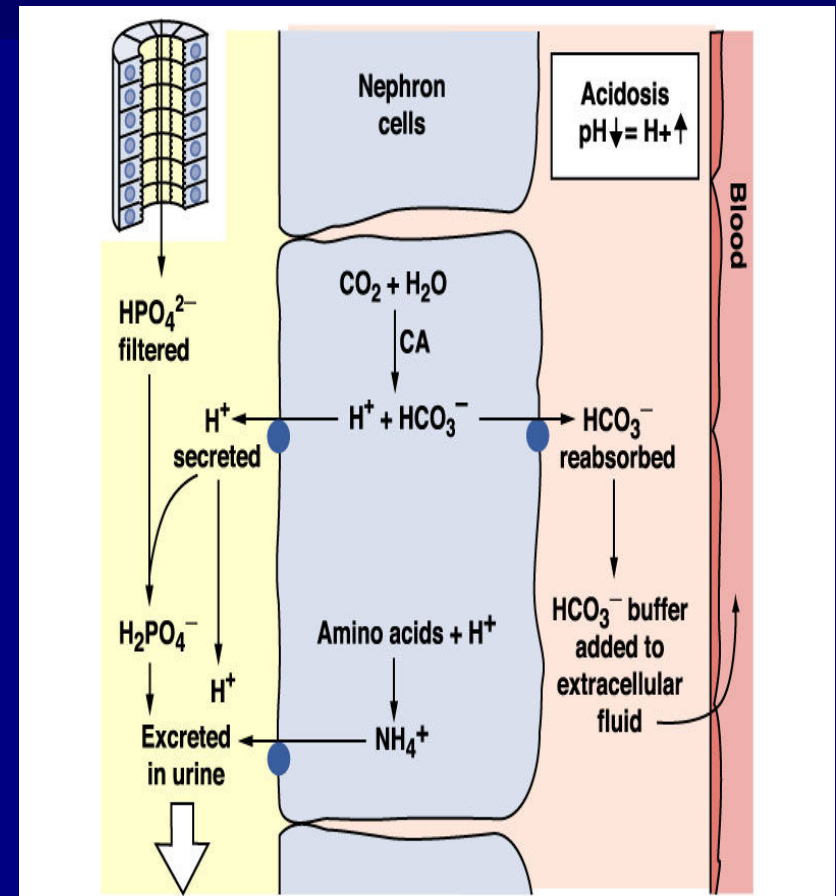
- Peranan: mengatur kandungan H_2CO_3 darah dengan mengatur ventilasi (ekskresi-retensi CO_2)
- Ggn ekskresi $CO_2 \rightarrow$ retensi $CO_2 \rightarrow$ kandungan $H_2CO_3 > HCO_3^- \rightarrow pH < 7,3 \rightarrow$
Asidosis respiratorik
- Ggn ekskresi $CO_2 \rightarrow CO_2$ hilang $>> \rightarrow$ kandungan $HCO_3^- > H_2CO_3 \rightarrow pH > 7,5 \rightarrow$
Alkalosis respiratorik

Sistem Ekskresi Ginjal

Mengatur kandungan garam bikarbonat dlm darah dgn cara:

1. Mobilisasi ion H^+ di tubulus proksimal dg reabsorpsi Na^+
2. Sekresi ion H^+ di tubulus distal ditukar dg Na^+
3. Membentuk amonia (NH_4^+) di tubulus distal menggantikan Na^+ yg terpakai untuk no.2

→ Usaha penghematan Na^+ → mengikat bikarbonat



Garam bikarbonat (BHCO_3): Asam karbonat (HHCO_3)

- $[\text{BHCO}_3] < [\text{HHCO}_3] \rightarrow$ asidosis metabolik
- $[\text{BHCO}_3] > [\text{HHCO}_3] \rightarrow$ alkalosis metabolik

Elektrolit ~ Mineral

- 4% penyusun tubuh adalah mineral
 - Peranannya dlm tubuh:
 1. kofaktor/aktivator enzim
 2. pembentuk garam appatite pd tulang & gigi
 3. komponen hormon
 4. komponen senyawa biologis aktif
 - Kelompok mineral tubuh
 1. Elemen utama: C,H,O,N,S,P, Mg, Na,K, Cl
 2. Trace elements: Co, Cu, Zn, I, Fe, Silikon, Mn, Mo, Se, Cr
 3. Dibutuhkan binatang, blm tentu oleh manusia: Arsen, Cad, Ni, Silikon, Timah, Vanadium
 4. Bersifat racun untuk manusia & binatang: Ag, Hg, Pb
- Kebanyakan dlm bentuk garam sukar larut, kec. Na & K → diekskresi ml tinja

Mineral

- Transport & penyimpanan perlu protein carrier
→ Co-transcobalamin, Fe-transferin, Cu-albumin, Mn-globulin, dll
- Ekskresi ml empedu (Cr, Cu, Mn, Zn), urin (Co, Cr, Mo, Zn), & lepasan sel mukosa (Fe, Zn)
- Fungsi saling berkaitan: Ca-P, Na-K

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 → $\text{Ca:P} = 1:1-1:3$, jika $P > 3$ absorpsi Ca terhambat → kekurangan Ca → Rachitis
- Absorpsi Ca & P dipengaruhi vitamin D
- Kadar Ca dlm darah diatur oleh hormon paratiroid

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

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

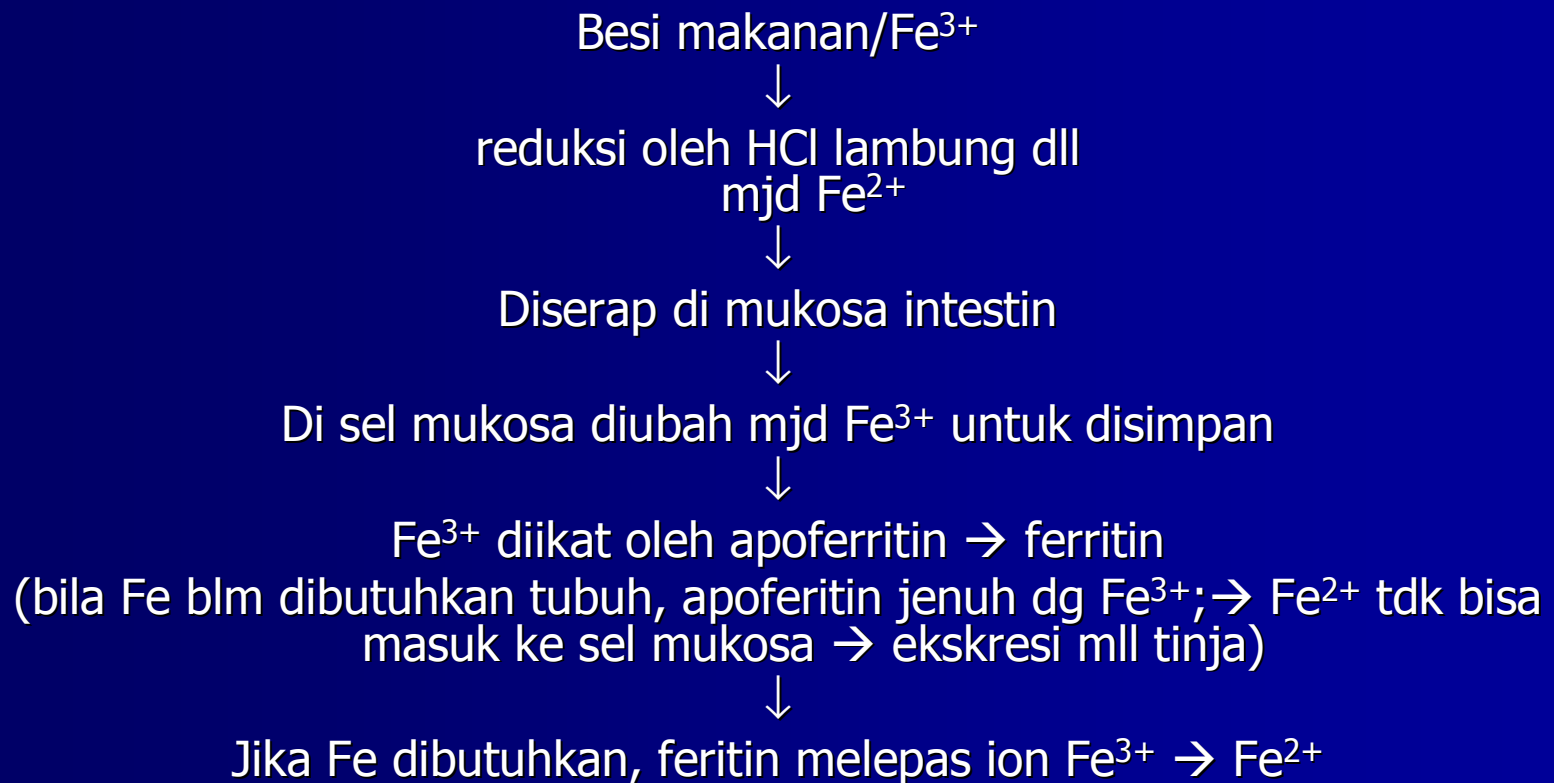
Magnesium

- 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

Besi

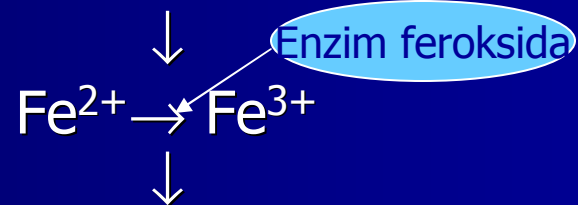
- Tubuh mengandung 3-4 gram.
- Peranan: respirasi seluler (unsur Hb, sistem sitokrom, enzim katalase-peroksidase)
- Besi aktif: Fe^{2+} & Fe^{3+} , dlm makanan: ion ferri (Fe^{3+}) terikat seny.organik
- Mukosa intestin mengandung apoferritin → mengatur jumlah besi makanan yang diserap (dlm bentuk ferro/ 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 \rightarrow transferin

Ditransport ke jaringan

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

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

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 ml urin, sedikit dlm air liur & air susu
- Defisiensi yodium → hipertrofi kel tiroid/gondok; myxedema & cretinisme (jika terjadi sejak intrauterin)

Daftar Pustaka

- Hardjasasmita, Panjita. 2000. *Ikhtisar Biokimia Dasar A*. Jakarta: Balai Penerbit FKUI
- Murray, R.K., Granner, D.K., Mayes, P.A., & Rodwell, VW.1996. *Harper's Biochemistry*. 24th ed. London: Prentice-Hall International, Inc.