

# MINERAL



**Agus Riawan, M.Gz**  
**Program Studi Sarjana Gizi**  
**Fakultas Ilmu Kesehatan**  
**Universitas Pahlawan Tuanku Tambusai**

# Outline



- PENGERTIAN
- PENGELOMPOKAN
- BIOAVAILABILITAS
- INTERAKSI MINERAL
- FUNGSI

# Pengertian

---

- Adalah bahan inorganik yang dibutuhkan untuk proses kehidupan baik dalam bentuk ion ataupun elemen bebas.
- Diperoleh dari makanan (tubuh tidak dpt memproduksi)

# Pengelompokan

---

- Berdasar jumlah yang dibutuhkan tubuh, mineral dibagi mjd 2 klp:
  - Makro : Jumlahnya dalam tubuh :  $> 0,01\%$  atau  $>100$  ppm dari bobot tubuh :
    - sodium, potasium, klorida, magnesium, fosfor dan kalsium
  - Mikro : Jumlahnya dalam tubuh :  $< 0,01\%$  atau  $<100$  ppm dari bobot tubuh :
    - besi, tembaga, zinc, yodium, dan fluoride

# MINERAL

## Mineral Makro

Mineral yang dibutuhkan tubuh dalam jumlah  $\geq 100$  mg per hari

- Kalsium
- Fosfor
- Sulfur
- Magnesium
- Natrium, Kalium, Klorin

## Mineral Mikro

Mineral mikro diperlukan tubuh kurang dari 100 mg per hari dan untuk menyusun tubuh diperlukan kurang dari 0,01% dari berat badan total

- Besi
- Seng
- Yodium
- Selenium
- Mangan
- Fluorida (Fluorin)
- Tembaga
- Chromium (Cr)
- Molibdenum (Mo)

## Perkiraan Komposisi Mineral Tubuh (dari bahan kering)

Mineral	Persen
Karbon (C)	50
Oksigen (O)	20
Hidrogen (H)	10
Nitrogen (N)	8,5
Kalsium (Ca)	4,0
Fosfor (P)	2,5
Kalium (K)	1,0
Sulfur (S)	0,8
Natrium (Na)	0,4
Klor (Cl)	0,4
Magnesium (Mg)	0,1
Besi (Fe)	0,01
Mangan (Mn)	0,001
Iodium (I)	0,00005

Sumber : Linder (1992)

## Some Important Metalloenzymes

Metal	Enzyme	Function
Iron	Ferredoxin Succinate dehydrogenase	Photosynthesis Aerobic oxidation of CHO
Copper	Lysyl oxidase Ceruloplasmin	Lysine oxidation Iron utilization
Zinc	Carbonic anhydrase Alcohol dehydrogenase Carboxypeptidase	CO <sub>2</sub> formation Alcohol metabolism Protein digestion
Manganese	Pyruvate carboxylase	Pyruvate metabolism
Molybdenum	Xanthine oxidase	Purine metabolism
Selenium	Glutathione peroxidase	Removal of H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>

## Considerations related to metallo-enzymes

- ❑ In metallo-enzymes, the metal **is firmly attached to the protein** moiety with a fixed number of metal atoms per mole of protein.
- ❑ The metal cannot be removed without loss of enzyme activity and usually cannot be replaced by any other metal.
  - Except: In several **zinc enzymes**, the native zinc atoms can be substituted by **cobalt** and **cadmium** without complete loss of activity. Therefore, the individual metalloenzymes are not confined to single metals.
- ❑ Two of the mineral elements, **iodine and cobalt**, are remarkable because their entire functional significance can be accounted for by their presence in single compounds---thyroxine and vitamin B12.



# Bioavailabilitas

---

- Bioavailabilitas didefinisikan sebagai proporsi mikromineral total dalam pangan, makanan atau menu yang diutilisasi untuk fungsi-fungsi tubuh normal, dan akan tergantung pada bentuk kimianya dalam lumen usus yang diberikan pada sel-sel absorptive (dalam hal ini absorbabilitasnya).
- Mikromineral tersebut harus dalam bentuk yang dapat diambil oleh sel-sel mukosa
- Pada beberapa mineral, terutama besi, efisiensi penyerapan merupakan jalur utama untuk mempertahankan homeostasis.

# Bioavailabilitas (lanjutan)

---

- Mineral lain, Zn dan Cu, keseimbangan dipertahankan melalui pengaturan ekskresi endogen.
- Dengan demikian, ada dua hal yang perlu dipahami dalam bioavailabilitas mikromineral :
  - ✿ Bioavailabilitas yang diukur bukanlah semata-mata milik atau sifat dari pangan atau makanan melainkan respon seseorang terhadap menu atau pangan,
  - ✿ Bioavailabilitas menggambarkan integrasi berbagai komponen dari proses-proses dimana suatu zat gizi menjadi tersedia secara biologis.

## Efisiensi penyerapan mikromineral dari menu makanan :

Mikromineral	Persen
Chromium	< 5
Copper	25 – 70
Haem iron	20 – 30
Inorganic iron	0 – 15
Manganese	< 5
Selenium	50 – 95
Zinc	5 - 50

## Faktor pelancar dan penghambat penyerapan mikromineral (Sandstrom, 1998) :

Mineral	Pendorong (Enhancer)	Penghambat (Inhibitor)
Cr	Histidin, asam nicotinat	Fe, Zn
Cu	Protein hewani, fruktosa	Fitat, Fe, Zn
Fe	Daging, vitamin C	Fitat, poliphenol, Ca
Mn		Ca, P, Fe, fitat
Se	Thiol, vit.C	Metionin, P, logam berat
Zn	Protein hewani	Fitat, Fe

# Determinan Bioavailabilitas

---

Bioavailabilitas zat gizi ditentukan oleh 3 tahapan dasar :

- **Absorbability**, yaitu proporsi yang tersedia di lumen untuk *uptake* kedalam sel mukosa; dipengaruhi oleh bentuk kimia, komposisi makanan, sekresi gastrik dan intestinal, microflora usus.
- **Transfer mukosa ke dalam sirkulasi sistemik**, dikontrol oleh faktor fisiologi, status gizi, struktur dan fungsi sel mukosa.
- **Utilisasi dalam tubuh**, dipengaruhi faktor fisiologi, status gizi, intik zat gizi lain, kehilangan endogen (urin, feses), bentuk kimia.

# Interaksi mineral

---

- Interaksi mineral terjadi pada ion-ion yang bermuatan sama dan berukuran sama.
- Jenis interaksi :
  - ◆ **Interaksi antagonistik** : keberadaan salah satu mineral akan mengurangi gerakan atau efisiensi biologi dari mineral lainnya.  
Cth. Interaksi Fe-Zn, Zn-Cu
  - ◆ **Interaksi sinergistik** : dua mineral berperan secara komplementer.  
→ interaksi dimana satu mineral menghemat atau menggantikan peran mineral lainnya; atau dua mineral secara mutual (saling menguntungkan) memperlancar fungsi biologi tertentu.  
Cth.  $\text{Ni}^{2+}$ ,  $\text{Co}^{2+}$ , dan  $\text{Mn}^{2+}$  dapat menggantikan kation asli pada beberapa metalloenzim.

Minerals	RDA Indonesian male 30-49 yr	Max level/day	Functions
<b>Calcium</b>	800 mg	1200 mg	Builds strong bones and teeth Involved in nerve transmission and muscle contraction
<b>Phosphorus</b>	600 mg	1200 mg	Maintains strong bones and teeth Necessary for muscle and nerve function
<b>Magnesium</b>	300 mg	600 mg	Needed in many enzyme systems, especially those involved with energy production Essential for proper heartbeat and nerve transmission Constituent of bones and teeth
<b>Potassium</b>	-	100-500 mg	An electrolyte needed to maintain fluid balance, proper heartbeat and nerve transmission
<b>Chromium</b>	-	200 mcg	As part of Glucose Tolerance Factor (GTF), it works with insulin to regulate blood sugar levels

Minerals	RDA Indonesian male 30-49 yr	Max level/day	Functions
<b>Iron</b>	13mg	30 mg	Prevents anemia; as a constituent of Hb, transports oxygen throughout the body
<b>Iodine</b>	150 mcg	1150 mcg	Needed for proper functioning of the thyroid gland and production of thyroid hormones
<b>Selenium</b>	30mcg	200 mcg	As an antioxidant, it is a constituent of glutathione peroxidase Protects vitamin E
<b>Manganese</b>	2.3mg	5 mg	Cofactor in many enzyme systems including those involved in bone formation, energy production and protein metabolism
<b>Copper</b>	-	3 mg	Essential for red blood cell formation, hemoglobin synthesis Involved in many enzyme systems including, superoxide dismutase (SOD), a major antioxidant enzyme system
<b>Molybdenum</b>	-	50 mg	Required for proper growth and development Plays a role in fat and nucleic acid metabolism Needed for proper sulfur metabolism



# Functions of Minerals

---

Minerals perform three broad types of functions for minerals:

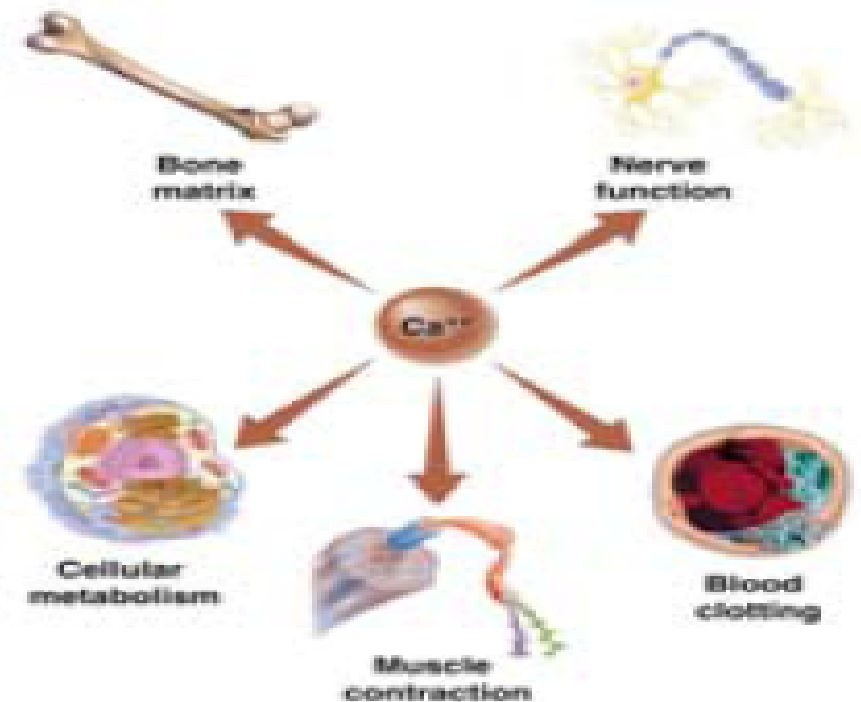
1. **Structural components of body organs and tissues**, such as **Ca, P, Mg, F and Si** in **bones and teeth**, and **P** and **S** in **muscle proteins**.
2. **Constituents of the body fluids and tissues as electrolytes** concerned with the maintenance of osmotic pressure, acid-base balance, membrane permeability and tissue irritability: **Na, K, Cl, Ca and Mg** in **blood, cerebrospinal fluid and gastric juice** .
3. **Catalysts in enzyme and hormone systems**, as integral and specific components of the structure and metalloenzymes, or as less specific activators within those systems.

# Fungsi Mineral

1. • Menjaga keseimbangan asam basa tubuh
2. • Katalis reaksi-reaksi biologis
3. • Komponen dari bagian-bagian tubuh yang penting
4. • Menjaga keseimbangan air
5. • Transmisi impuls syaraf
6. • Mengatur kontraksi otot
7. • Membantu pertumbuhan jaringan tubuh

# Calcium

- Most abundant mineral in animal tissues
  - 99% Ca in skeleton
  - Present in:
    - Blood & other tissues
- Lots of functions
  - Bone structure
  - Nerve function
  - Blood clotting
  - Muscle contraction
  - Cellular metabolism





# Calcium Absorption

---

- Dependent on Vitamin D
  - Ca binding protein in intestinal epithelial cell
- Absorption depends on need
  - Particularly high during growth, pregnancy and lactation
- Bioavailability decreased by
  - Phytates (grains)
  - Oxalates
  - Wheat bran
  - Low estrogen levels (postmenopausal women)

# Calcium

- Both Ca and P are required for bone formation and other non-skeletal functions
  - Dietary ratio of 1:1 to 2:1 is good for most animals (exception is laying hen, 13:1; Ca:nonphytate phosphorous)



# Calcium Toxicity

---

- Deposition in soft tissue
- Impaired kidney function
- Interference of other nutrient absorption
  - Iron & zinc



# The Trace Minerals: An Overview

---

- Inorganic atoms or molecules
- Microminerals or trace elements
- < 100 mg/day needed

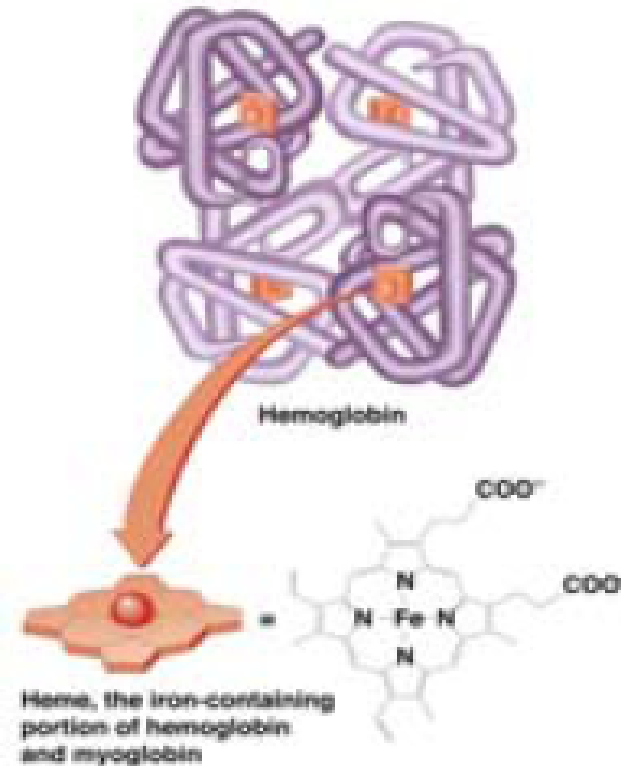
# Bioavailability & Regulation of Trace Minerals

- Bioavailability influenced by:
  - Genetics
  - Nutritional status
  - Nutrient interactions
  - Aging
- Absorbed in small intestine
- Circulated in blood
- Deficiencies & toxicities rare
  - Except genetic disorders & environmental exposure



# Iron

- Most common nutrient deficiency in the world.
- Functions
  - Oxygen transport via hemoglobin
    - Thus, necessary for ATP production!
  - Essential component of many enzymes
  - Immune function
  - Brain function
    - Iron deficiency/toxicity thought to slow mental development in kids.



# Fe dalam Tubuh

- ▶ Menyusun tubuh sekitar 2-4 gram
- ▶ Fe dalam tubuh berada pada :
  - ★ Sel darah merah -- **Hemoglobin** (60-65%)
  - ★ Otot -- **Myoglobin** (5-10%)
  - ★ Enzim (2-5%)
  - ★ Aliran darah -- **transferrin** (0.1%)
  - ★ Sbg cadangan – **ferritin** (20%) & **hemosiderin** (10%)
- ▶ Jml dlm tubuh bervariasi, tergantung pada :
  - ★ Usia
  - ★ jenis kelamin
  - ★ kehamilan
  - ★ pertumbuhan

## Fe dlm Tubuh & dlm Makanan

- ▶ **Fe dalam tubuh berada dalam bentuk ion:**
  - ★  $\text{Fe}^{2+}$  → Ferro/Ferrous (tereduksi)
  - ★  $\text{Fe}^{3+}$  → Ferri/Ferric (teroksidasi)
- ▶ **Fe dalam makanan berada dalam bentuk:**
  - ★ Besi hem : terutm berasal dr hemoglobin & mioglobin → bnyk ditemukan pd daging, ikan, unggas (50-60% zat besinya: hem, sisa: non-heme)
  - ★ Besi non-hem → banyak tdp pd tanaman (buah2an, sayuran, kacang2an, biji2an) & *dairy products* (susu, keju, yoghurt, dsb), telur

# Effect of Iron Status on Iron Absorption

- Iron deficiency
  - Increases production of transport proteins
  - Decreases ferritin production
- Adequate or excess iron
  - Decreases production of transport proteins

# Absorption, cont.

- Iron from animal sources much better absorbed than that from plant sources
- Absorption of iron from plant sources increased by
  - Vitamin C
  - Meat in diet
- Absorption is decreased by
  - Phytates (grain products)
  - Polyphenols (tea, coffee)
  - Other minerals (calcium, zinc)





# Bioavailability of Iron

---

Influenced by:

- Form
  - Heme
  - Ferric
  - Ferrous
- Iron status
- Presence/absence of other dietary components

# Enhancers of Nonheme Iron Bioavailability

- Vitamin C & stomach acid
  - Convert ferric to ferrous iron
- Meat factor
  - Compound in meat, poultry, seafood
  - Meat + nonheme iron

# Special Recommendations for Vegetarians & Endurance Athletes

- Vegans
  - Needs are 80% higher
  - Iron supplements
  - Heme + nonheme iron foods
- Endurance athletes
  - Increased blood loss in feces/urine
  - Chronic rupture of red blood cells in feet
  - Needs are 70% higher

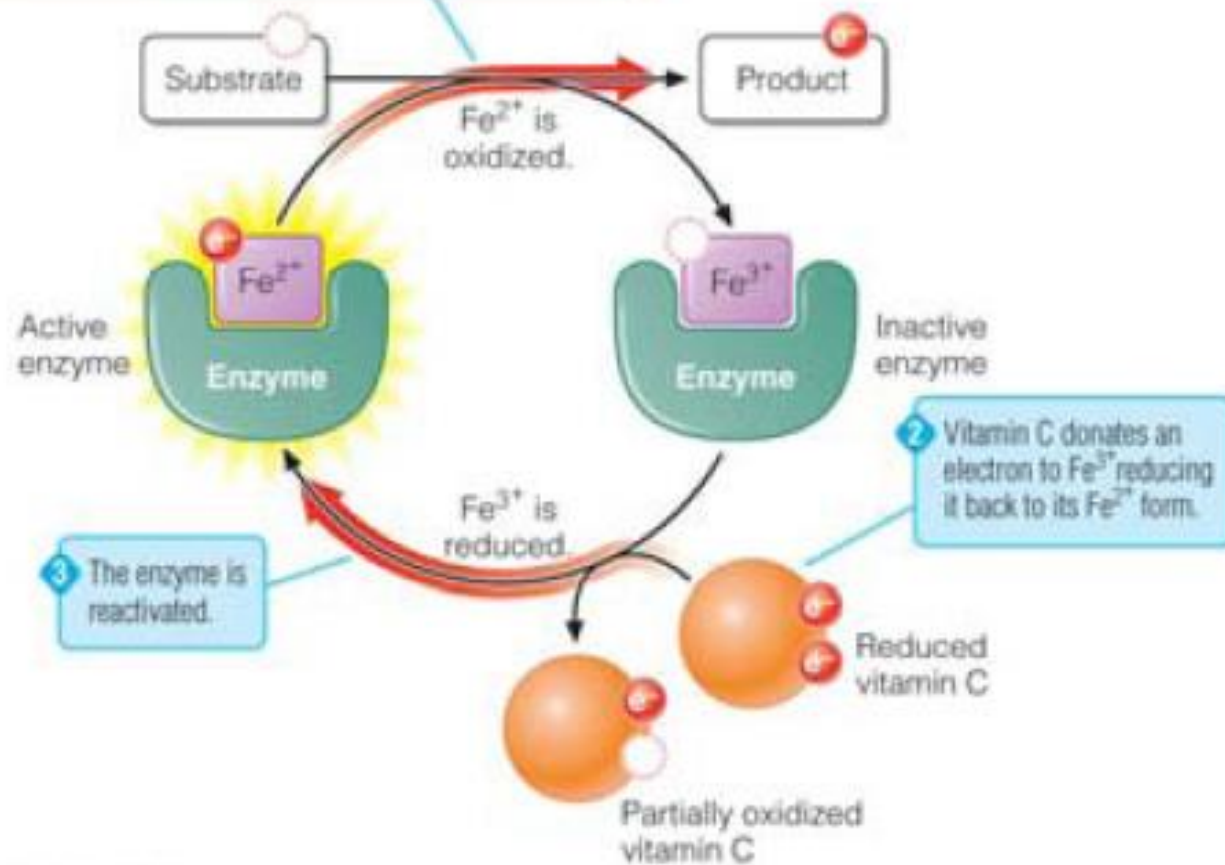


---

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

# The "Recharging" of Enzymes

1 Active enzyme containing reduced iron ( $\text{Fe}^{2+}$ ) catalyzes the conversion of a substrate into a product. This results in the oxidation of iron and inactivation of the enzyme.



# Copper

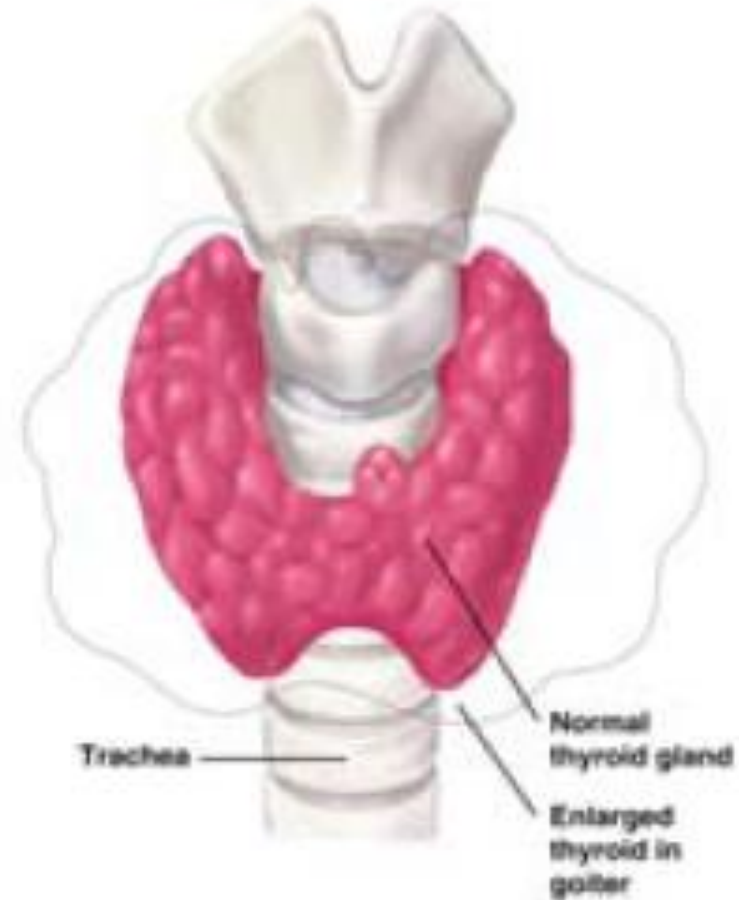
- ▶ **Main functions:**
  - ▶ **Enzymes activity**
    - **Lysyl oxidase → Lysine oxidation**
    - **Ceruloplasmin → Iron utilization : red blood cell formation, hemoglobin synthesis**
  - ▶ **Involved in a major antioxidant enzyme system : superoxide dismutase (SOD)**

# Copper (Cu): Dietary Sources & Bioavailability

- Forms
  - Cupric
  - Cuprous
- Organ meats, shellfish, whole-grain products, mushrooms, nuts, legumes
- Bioavailability decreases with
  - Antacids
  - Iron

# Iodine

- **Function**
  - Essential component of thyroid hormones
    - Important for regulation of body temperature, basal metabolic rate, reproduction and growth.
- **Regulation in body**
  - Almost all is absorbed.
  - Excess removed in urine.





Brain

Pituitary gland

Thyroid gland

Trachea

1 Low blood iodine concentration



2 Pituitary gland increases release of thyroid stimulating hormone (TSH).



3 TSH stimulates the thyroid gland to take up iodine and produce thyroid hormones ( $T_3$  and  $T_4$ ).



# Iodine Toxicity

---

- Hypothyroidism
- Hyperthyroidism
- Formation of goiters

# Functions of Selenium

- Component of glutathione peroxidase
  - catalyzes removal of hydrogen peroxide



GSH = reduced glutathione

GSSG = oxidized glutathione

- Component of iodothyronine-5'- deiodinase
  - Converts  $T_4$  to  $T_3$
- Improves killing ability of neutrophils
  - Reduces the prevalence and severity of mastitis





# Selenium

---

- Protects cells from autooxidative damage
- Shares this role with vitamin E
  - Important antioxidant
- Deficiencies
  - White muscle disease in lambs and calves
    - Skeletal and cardiac myopathies
  - Exudative diathesis (hemorrhagic disease) in chicks



# Selenium

---

- Toxicity
  - Blind staggers or alkali disease
- Range between minimum requirement and maximum tolerable level is narrow
  - Supplementation must be done with care!
- FDA regulations allow two forms of inorganic Se (Na selenite and Na selenate) to be used
  - 0.3 mg of supplemental Se/kg of DM is maximum
  - Organic form available

# ZINC

---

## Main functions :

- Component of insulin : required for blood sugar control
- Needed for proper taste and hearing
- Important in wound healing and
- Enzyme activation

# Zinc (Zn): Dietary Sources & Bioavailability

- Bioavailability influenced by:
  - Phytates
  - Iron
  - Calcium
  - Animal sources
  - Acidic substances



# Zinc Deficiency & Toxicity


## ■ Deficiency

- Decreases appetite
- Increases morbidity
- Decreases growth
- Skin irritations, diarrhea, delayed sexual maturation

## ■ Toxicity

- Supplements
- Poor immune function
- Depressed levels of HDL
- Impaired copper status
- Nausea, vomiting, loss of appetite

## Fungsi Mineral Makro

Kalsium	Fosfor	Sulfur
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Membangun tulang dan gigi</li> <li>2. Mengatur proses-proses tubuh dalam darah dan jaringan</li> <li>3. Penggumpalan Darah</li> </ol> <div style="text-align: center; margin-top: 10px;">  </div>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Pembentukan nukleoprotein; nukleoprotein menyusun bahan-bahan nukleus dari sel-sel dan cotoplasma, berfungsi dalam pembelahan sel, reproduksi dan pemindahan ciri-ciri yang turun menurun.</li> <li>2. Berperan dalam senyawa pada waktu metabolisme KH, dan membentuk ATP, ADP (senyawa kaya energi)</li> <li>3. Memelihara pH</li> <li>4. Mengatur keseimbangan asam basa.</li> <li>5. Menyimpan dan mengirim energi dan sintesa nukleotida</li> <li>6. Mengatur pelepasan energi selama pembakaran atau oksidasi karbohidrat</li> <li>7. Memfasilitasi penyerapan dan transportasi zat gizi.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Mengaktivasi enzim tertentu</li> <li>2. Mengkonversi karbohidrat, protein, lemak menjadi energi (unsur dari vitamin B, biotin, asam panthotenat).</li> <li>3. Mengatur gula darah (unsur insulin)</li> <li>4. Mengatur pembekuan darah</li> <li>5. Komponen kolagen (protein dalam jaringan penghubung yang mengikat antar sel)</li> <li>6. Unsur dari tulang dan gigi</li> <li>7. Pembentukan asam empedu untuk pencernaan dan absorpsi lemak</li> </ol>

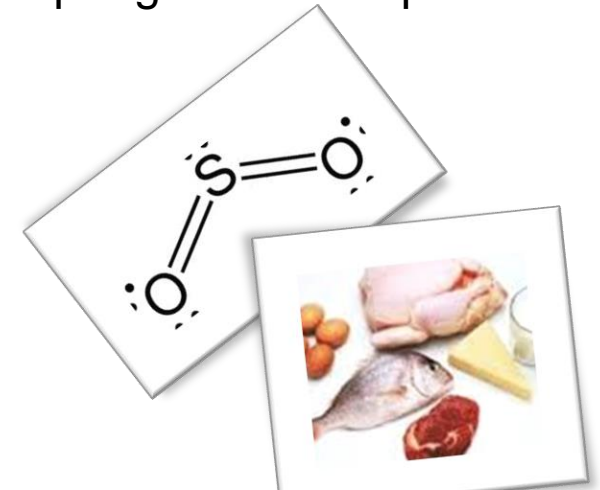
# Fungsi Mineral Makro

## Natrium, Kalium, Klor

1. Menjaga keseimbangan dan distribusi cairan agar tetap normal
2. Menjaga keseimbangan tekanan osmotik
3. Menjaga keseimbangan asam basa (ph)
4. Menjaga iritabilitas otot
5. Klor merupakan komponen pada asam klorida dalam cairan getah lambung. Klor berfungsi menjaga keasaman lambung dan membantu proses pencernaan
6. Kalium berfungsi mengaktivasi enzim dalam penggunaan asam amino untuk pembentukan protein baru.
7. Natrium dan kalium bekerjasama dengan kalsium mengatur kontraksi otot dan iritabilitas syaraf.

# Sumber Pangan Mineral Makro

Kalsium	Fosfor	Sulfur
susu, ikan teri, sayuran berdaun hijau dan lain-lain	Telur, ikan, daging, ayam, unggas, kacang polong, susu dan sereal	Kecambah gandum, kacang, daging, ayam, ikan, telur, susu, kacang-kacangan, jeroan
Susu dan hasil olahannya mengandung sekitar 1150 mg kalsium per liter	Fosfor dalam bahan pangan hewani akan lebih mudah diserap dibanding nabati	
Roti dan biji-bijian jika dikonsumsi sering dapat memberikan sumbangan yang nyata	Dalam minuman ringan dan makanan yang diawetkan, fosfor terdapat dalam bentuk fosfat	Pangan sumber sulfur sama seperti pangan sumber protein
Ikan dan makanan laut juga memberikan sumbangan kalsium lebih tinggi dibandingkan daging sapi dan ayam		





# Sumber Pangan Mineral Makro

## Natrium, Kalium, Klorin

Snack dan pangan olahan (*processed foods*) lebih banyak ditambahkan garam daripada *unprocessed foods*.

### **Kalium :**

1. Polong-polongan, kacang-kacangan, buah kering dan segar, khususnya pisang, melon, alpukat dan buah kiwi merupakan sumber kalium yang kaya.
2. Sayuran sumber kalium utama adalah kentang dan bayam.
3. *Cereal* dan *dairy products*, yang mengandung kalium lebih rendah tetapi dikonsumsi dalam jumlah besar, juga merupakan sumber kalium yang penting. Daging dan ikan juga mengandung kalium yang lumayan.

# Fungsi Mineral Mikro

## Besi



1. Pembawa O<sub>2</sub> dan CO<sub>2</sub>
2. Pembentukan darah
3. Katalis reaksi  $\beta$ -karoten menjadi vitamin A
4. Sintesa purin (bagian integral asam nukleat, RNA dan DNA)
5. Detoksifikasi racun di hati
6. Penghilangan lipid dari darah
7. Sintesa kolagen
8. Pembentukan hemoglobin (hb) protein yg bertugas mengangkut oksigen ke sel-sel tubuh
9. Pembentukan myoglobin protein yang membantu agar oksigen tersedia untuk kontraksi otot
10. Membantu tugas protein rantai transfer elektron dalam penggunaan E di sel-sel (sebagai bagian proses metabolisme).



# Fungsi Mineral Mikro

## Seng

1. Unsur vital untuk sintesis DNA dan RN
2. Pembentukan jaringan mata
3. Pembentukan sel darah putih dalam sistem kekebalan tubuh
4. Fungsi lambung, kesehatan kulit, pertumbuhan dan fungsi sistem reproduksi.
5. Pertumbuhan janin dan sistem syaraf pusat
6. Membantu dalam aktivitas fungsi kekebalan tubuh.
7. Membantu peran hormon insulin di pankreas
8. Membantu metabolisme karbohidrat
9. Membantu penyusunan bahan genetik DNA & RNA (fungsi pertumbuhan sel/jaringan),
10. Berperan dalam penyembuhan luka
11. Pembentukan sperma,
12. Pertumbuhan normal janin
13. Fungsi hormon thyroid dan kemampuan belajar.



# Fungsi Mineral Mikro

## Yodium

1. Diperlukan untuk pengaturan suhu tubuh, sintesa protein, reproduksi, pertumbuhan dan perkembangan sistem syaraf serta fungsi neuromuskular
2. Dengan hormon-hormon tiroid, yodium berfungsi dalam laju pelepasan energi selama metabolisme basal (BMR), laju penggunaan oksigen oleh sel, pertumbuhan linier, pembentukan panas tubuh.

## Sumber Pangan Mineral Mikro

Besi	Seng	Yodium
<ol style="list-style-type: none"><li>1. Besi Hem → daging, jeroan, ikan dan unggas</li><li>2. Besi Non Hem → kedelai, kacang-kacangan, sayur daun hijau dan rumput laut</li></ol>	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Sumber utama (kandungan tinggi) → pangan kaya protein, terutama ikan, kerang, unggas, hati dan daging</li><li>2. Sumber lainnya (Kandungan sedang) → kacang-kacangan dan produk biji-bijian kulit penuh</li><li>3. Sumber lainnya (Kandungan rendah) → buah-buahan, sayuran, sereal</li></ol>	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Ikan, kerang dan sumber nabati yang tinggi yodium adalah rumput laut</li><li>2. Garam beriodium (2 gr garam beriodium ~ <math>&lt; \frac{1}{2}</math> sdt dapat memenuhi anjuran konsumsi iodium orang dewasa)</li><li>3. Pangan laut (ikan laut: 300-3000 <math>\mu\text{g}</math> I/kg, ikan darat: 20-40 <math>\mu\text{g}</math> I/kg), adonan roti, produk unggas dan tanaman yang ditanam di tanah kaya iodium</li></ol>



# Terima Kasih

Agus Riawan  
Program Studi Sarjana Gizi  
Fakultas Ilmu Kesehatan  
Universitas Pahlawan Tuanku Tambusai

 [Mawanagus39@gmail.com](mailto:Mawanagus39@gmail.com)

 +6281276339394