

Pengaruh konsumsi megadosis besi (Fe) terhadap penyerapan seng (Zn) dan tembaga (Cu) pada tikus putih (*Rattus rattus*) diukur in situ

Sukarti Moeljopawiro
Laboratorium Biokimia, Fakultas Biologi, Universitas Gadjah Mada
Yogyakarta

ABSTRACT

Sukarti Moeljopawiro - *The effect of megadosis of iron consumption on the absorption of zinc and copper in rat (Rattus rattus) determined in situ*

Oral administration of iron pill must be at an accurate dosis because high consumption of iron could impair the absorption of other minerals especially bivalent metals. Therefore, the objective of this study was to evaluate the effect of megadosis consumption of iron on the absorption of zinc and copper. The inorganic minerals were used in this study. The amount of mineral absorption was determined in situ. Forty male weanling rats were used in this study. Rats were divided into 8 groups of 5, two groups for each treatment. Four ratios of Fe, Zn and Cu were used in this study (Fe : Zn : Cu = 5 : 1 : 1; 10 : 1 : 1; 20 : 1 : 1 and 50 : 1 : 1). The amount of mineral absorption was determined using in vivo intestinal perfusion, and two perfusion rates were used 0.5 ml/minute and 0.33 ml/minute. It was found that high iron consumption (50 : 1 : 1) could impair the zinc absorption at perfusion rate of 0.33 ml/minute and no zinc absorption occur at perfusion rate of 0.5 ml/minute. However, this high iron consumption did not influence the copper absorption both at perfusion rate of 0.5 ml/minute and 0.33 ml/minute. It can be concluded that high consumption of iron could impair the zinc absorption but not copper absorption.

Key words : iron - zinc - copper - mineral absorption - in situ perfusion

INTISARI

Sukarti Moeljopawiro - *Pengaruh konsumsi megadosis besi (Fe) terhadap penyerapan seng (Zn) dan tembaga (Cu) pada tikus putih (Rattus rattus) diukur in situ*

Pemberian paket pil besi memerlukan takaran yang tepat agar tidak mengganggu penyerapan mineral lain, karena adanya perebutan penyerapan antara mineral-mineral bivalent. Tujuan penelitian ini adalah mengetahui pengaruh dosis tinggi besi (Fe) terhadap penyerapan seng (Zn) dan tembaga (Cu). Empat puluh ekor tikus putih (*Rattus rattus*) jantan lepas sapih dibagi dalam 8 kelompok, 5 ekor per kelompok. Mineral yang digunakan mineral anorganik garam sulfat. Empat macam perbandingan antara Fe : Zn : Cu yaitu 5 : 1 : 1; 10 : 1 : 1; 20 : 1 : 1 dan 50 : 1 : 1 dipakai sebagai larutan perlakuan. Besarnya penyerapan diukur secara in situ dengan menggunakan 2 macam kecepatan perfusi yaitu 0,5 ml/menit dan 0,33 ml/menit. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dosis besi yang tinggi akan mengganggu penyerapan seng. Pada kecepatan perfusi 0,33 ml/menit pada perbandingan Fe : Zn : Cu = 50 : 1 : 1 masih tetap terjadi penyerapan seng tetapi rendah, sedangkan pada kecepatan perfusi 0,5 ml/menit sudah tidak terjadi penyerapan seng sama sekali. Penyerapan tembaga tampaknya tidak terpengaruh oleh adanya besi dalam jumlah tinggi. Dengan ini dapat dikatakan bahwa dosis tinggi besi mengganggu penyerapan seng tetapi tidak mengganggu penyerapan tembaga.

PENGANTAR

Di Indonesia anemia gizi besi merupakan salah satu dari empat masalah gizi yang harus ditanggulangi. Untuk mengatasi ini pemerintah melaksanakan suplementasi besi sebagai upaya perbaikan status nutrisi besi masyarakat. Selain itu juga diberikan paket pertolongan gizi berupa pil zat besi, terutama untuk menanggulangi anemia gizi besi pada ibu hamil.

Namun, perbaikan status nutrisi besi dengan tidak mempertimbangkan perbandingannya dengan mineral lain dalam makanan kemungkinan menimbulkan akibat yang merugikan yaitu terganggunya penyerapan mineral lain. Seperti telah ditemukan oleh Hamilton *et al.*¹ bahwa ada kompetisi atau perebutan penyerapan antara seng (Zn) dengan tembaga (Cu), besi (Fe) dan magnesium (Mg). Juga didapatkan bahwa defisiensi Cu terjadi akibat pemberian megadosis Zn². Telah pula dilihat adanya interaksi antara kadmium dan absorpsi besi oleh Hamilton & Valberg³.

Pada umumnya penyerapan mineral (dalam hal ini Fe, Zn dan Cu) dipengaruhi oleh banyak faktor yang dapat dibagi menjadi faktor dalam dan faktor luar. Faktor dalam yaitu kondisi tubuh, metabolisme tubuh serta ada dan tidaknya timbunan mineral dalam tubuh⁴. Faktor luar meliputi faktor kimia dan komposisi makanan.

Faktor kimia sangat penting dalam hal ketersediaan zat besi makanan yang mampu diserap tubuh. Termasuk ini adalah: valensi, kelarutan dan bentuk kompleks senyawa besi⁵. Besi lebih mudah diserap dalam bentuk garam ferro dibandingkan dengan garam ferri. Hal ini disebabkan karena garam ferro tetap larut pada pH usus halus. Garam ferri tidak akan larut pada larutan dengan pH di atas 3,0, sedang kebanyakan besi ferro tetap larut pada pH 8,0^{6,7}.

Ferro laktat, fumarat, glisin sulfat, suksinat dan glutamat diserap sangat baik sebaik ferro sulfat, sedangkan ferro sitrat, tartrat dan pirofosfat tidak dapat diserap⁸.

Di dalam makanan terdapat senyawa-senyawa tertentu yang dapat menghambat atau memacu penyerapan. Beberapa senyawa dalam makanan mempermudah penyerapan besi seperti asam askorbat atau vitamin C, fruktosa, asam amino (histidin dan lisin) dan *meat factor*. Vitamin C membentuk senyawa dengan besi pada pH rendah

dan senyawa ini tetap larut pada pH neutral usus halus. Conrad & Schade⁹ menunjukkan bahwa besi menggantikan ion hidrogen pada askorbat untuk membentuk senyawa yang berwarna ungu yang tetap larut pada kisaran pH yang besar yaitu antara pH 2 - 11.

Penyerapan besi dapat dihambat oleh senyawa-senyawa yang biasa terdapat dalam bahan makanan; misalnya karbonat, oksalat, fosfat, tannat dan fitat. Senyawa-senyawa tersebut mengikat besi dan membentuk senyawa kompleks besi yang tidak dapat diserap^{10,11,12}. Selain itu serat yang tidak dapat dicerna juga menghambat penyerapan besi. Misalnya selulosa, hemiselulosa dan lignin yang dapat mengikat besi, menyebabkan besi tetap tidak larut pada pH usus halus sehingga besi tidak dapat diserap tubuh^{13,14,15}. Selain itu terdapatnya mineral-mineral yang lain di dalam makanan juga menghambat penyerapan besi^{16,17}.

Adanya mineral-mineral dalam makanan memungkinkan terjadinya interaksi antara mineral yang satu dengan yang lain. Berdasarkan penemuan para pakar, Hill & Matrone¹⁸ sampai pada suatu kesimpulan dan mengatakan: *Those elements whose physycal and chemical properties are similar will act antagonistically to each other biologically* (Elemen-elemen dengan sifat kimia dan fisika yang sama akan saling berlawanan (antagonis) secara biologi).

Forbes¹⁹ dan Likushi & Forbes²⁰ menemukan bahwa kalsium akan menurunkan penyerapan zinc pada tikus. Labbe & Fischer²¹ melihat bahwa konsentrasi seng yang tinggi dalam diet berpengaruh terhadap aktivitas metalloenzim yang mengandung Cu, penurunan aktivitas ini seperti halnya kalau terjadi defisiensi Cu.

Penelitian yang dilakukan terhadap anak-anak sekolah di Iran menunjukkan bahwa adanya besi yang berlebihan pada diet, menurunkan penyerapan seng²². Telah diketahui pula bahwa tembaga (Cu) akan mengganggu penyerapan besi tetapi secara jelas belum diungkapkan, dan juga belum diketahui apakah penyerapan Cu terganggu dengan adanya besi dalam konsentrasi tinggi. Dengan demikian timbul masalah apakah konsumsi besi yang tinggi akan mempengaruhi penyerapan logam bivalent yang lain.

Tujuan penelitian ini adalah mengetahui pengaruh berbagai kadar besi yang tinggi terhadap

penyerapan seng (Zn) dan tembaga (Cu) pada *Rattus-rattus* diukur secara in situ. Dengan mengetahui dosis tertinggi besi yang tidak mengakibatkan gangguan penyerapan mineral lain (Zn dan Cu), maka pemberian besi per oral berupa pil zat besi dapat mencapai tujuan yang diinginkan, yaitu memperbaiki nutrisi besi masyarakat.

CARA PENELITIAN

BAHAN

Hewan uji yang digunakan dalam penelitian ini adalah tikus putih (*Rattus rattus*) jantan usia sapih (21 hari) diperoleh dari Unit Pemeliharaan Hewan Percobaan (UPHP) Universitas Gadjah Mada.

CARA KERJA

Rancangan percobaan

Rancangan percobaan yang digunakan adalah rancangan acak lengkap (*complete randomized design* = CRD), dengan 8 perlakuan 5 kali ulangan. Empat puluh ekor tikus putih dikelompokkan menjadi 8 kelompok, masing-masing kelompok terdiri atas 5 ekor. Perbandingan kadar mineral antara Fe : Zn : Cu, terdiri atas 4 macam yaitu 5 : 1 : 1; 10 : 1 : 1; 20 : 1 : 1 dan 50 : 1 : 1. Tiap-tiap larutan perlakuan diperfusi dengan 2 macam kecepatan yaitu 0,5 ml/menit dan 0,33 ml/menit.

Preparasi larutan perlakuan

Larutan perlakuan terdiri atas 4 macam komposisi mineral besi (Fe), seng (Zn) dan tembaga (Cu) yaitu 5 : 1 : 1; 10 : 1 : 1; 20 : 1 : 1 dan 50 : 1 : 1. Sebelum keempat komposisi larutan tersebut dibuat terlebih dahulu dibuat stok mineral besi, seng dan tembaga.

Empat macam larutan perlakuan dibuat dengan cara mengencerkan dan mencampur ketiga macam larutan stok mineral yang telah dibuat. Pengenceran disesuaikan dengan perbandingan mineral yang diinginkan (Fe : Zn : Cu = 5 : 1 : 1; 10 : 1 : 1; 20 : 1 : 1 dan 50 : 1 : 1), dengan menggunakan larutan Tiroda (TABEL 1). Larutan perlakuan dibuat segera sebelum diperfusikan.

Penentuan keterserapan mineral

Perkiraan keterserapan mineral diukur secara in situ menurut metoda Susanto²³ yaitu cara Schroeder²⁴ yang dimodifikasi. Perfusi larutan percobaan tidak dilakukan dengan pompa, tetapi digunakan buret berukuran 50 ml yang diatur ketinggiannya dari badan tikus. Perfusi menggunakan selang infus yang dimasukkan ke dalam *water bath* pada suhu 37°C sebelum diinjeksikan ke usus tikus.

Perlakuan hewan uji

Empat puluh ekor tikus putih jantan usia sapih dipelihara dalam kondisi laboratorium, diberi makan dan minum ad libitum. Tikus dikelompokkan menjadi 8 kelompok perlakuan 5 ekor setiap kelompok.

Sebelum perlakuan, tikus-tikus tersebut dipuasakan selama 24 jam, namun diberi minum akuades ad libitum. Kemudian tikus dibius dengan larutan eter sehingga pingsan. Setelah itu tikus dibedah dan dikeluarkan ususnya. Bagian usus pada pangkal duodenum diikat dengan benang steril, kira-kira 1-2 cm arah caudal diberi lubang, kemudian dipasang kanula kaca. Pada bagian ujung ileum, tepat sebelum cocum diikat 1-2 cm ke arah cranial, diberi lubang dan dipasang kanula kaca.

Melalui kanula proksimal (ujung duodenum), usus diperfusi dengan 50 ml larutan isotonis Ringer (Tiroda) pH 7,0 dengan kecepatan 1,5 ml/menit untuk pencucian. Komposisi larutan Tiroda dapat dilihat pada TABEL 1. Lima mililiter larutan perlakuan yang telah disiapkan ditambah 10 ml larutan isotonis Tiroda pH 7,0. Campuran larutan diperfusikan ke dalam usus tikus. Larutan yang telah melewati usus ditampung di dalam labu Erlenmeyer, larutan ini selanjutnya dianalisis untuk mengetahui mineral yang tidak diserap usus.

TABEL 1. - Komposisi larutan Tiroda

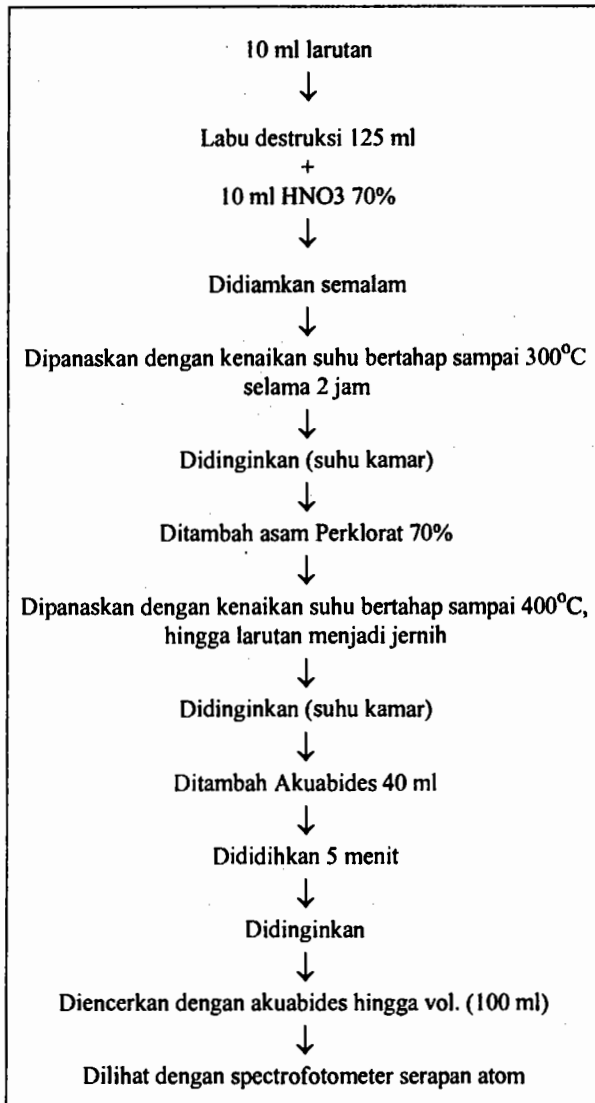
Nama bahan	gram
Natrium klorida	8,00
Kalium klorida	0,20
Natrium bikarbonat	1,00
Kalsium klorida	0,20
Glukosa	1,00
Magnesium klorida	0,10
Natrium dehidrogenfosfat	0,05

Sumber: Tallarida dan Jacob²⁷

Resep dibuat untuk volume 1000 ml.

Analisis kandungan mineral

Analisis kandungan mineral dilakukan dengan spektrofotometer serapan atom (*atomic absorption spectrophotometer*). Preparasi sampel untuk pengukuran ini dilakukan dengan cara *Wet digestion* yang digunakan oleh Gordon dan Robert²⁵. Dasar metoda ini adalah penghancuran seluruh senyawa organik dengan asam nitrat dan asam perklorat 70% dengan pemanasan sangat tinggi. Bagan cara kerja untuk destruksi ini dapat dilihat pada GAMBAR 1.



GAMBAR 1. - *Wet digestion* cara Gordon and Robert²⁵

Sepuluh mililiter larutan yang ditampung di dalam Erlenmeyer, dimasukkan ke dalam labu destruksi 125 ml. Kemudian 10 ml asam nitrat 70% ditambahkan, labu diletakkan pada pemanas *hot plate* (Thermolyne Type 1900) suhu dimulai

100°C kemudian dinaikkan bertahap sampai 300°C selama 2 jam, atau volume larutan menjadi sekitar 3 ml. Setelah itu didinginkan pada suhu kamar dan 2 ml larutan asam perklorat 70% (Fisher Scientific Co.) ditambahkan dan dipanaskan lagi dengan suhu bertahap sampai 400°C sehingga volume menjadi 2 ml atau larutan menjadi jernih. Waktu yang digunakan untuk pemanasan di sini adalah 1 jam. Setelah itu labu didinginkan kemudian ditambah 40 ml akuabides (bebas ion) dan dididihkan selama 5 menit kemudian didinginkan. Setelah dingin larutan dalam labu tersebut dengan hati-hati dipindahkan ke dalam labu ukur volume 100 ml, ditambahkan akuabides (bebas ion) sampai tanda. Jumlah mineral yang terkandung dalam larutan ini ditentukan dengan spektrofotometer serapan atom dengan menggunakan larutan standar masing-masing mineral.

Pengukuran besarnya penyerapan

Kadar besi (Fe), seng (Zn) dan tembaga (Cu) total dalam larutan perlakuan yang dialirkan juga ditentukan dengan cara seperti butir 5. Perbedaan besarnya kandungan mineral total dalam larutan perlakuan sebelum melewati usus dikurangi dengan kandungan mineral di dalam larutan yang keluar dari usus merupakan mineral yang terserap.

Analisis hasil

Hasil dianalisis dengan menggunakan *Analysis of Variance, one way Classification* untuk melihat ada dan tidaknya beda nyata antar perlakuan ($p < 0,05$). Letak beda nyata ditentukan dengan DMRT (*Duncan's Multiple Range Test*).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kandungan besi, seng dan tembaga pada larutan perlakuan

Kandungan besi (Fe), seng (Zn) dan tembaga (Cu) di dalam larutan perlakuan ditentukan dengan spektrofotometer serapan atom, ternyata hasil yang didapatkan tidak tepat sekali namun masih mendekati kadar yang direncanakan (TABEL 2). Hal ini mungkin dikarenakan larutnya mineral di dalam larutan stok mineral belum homogen, sehingga larutan yang diambil mengandung mineral yang tidak sesuai dengan yang

dimaksudkan. Kandungan Cu tampak paling rendah, dan juga kandungan besi pada perbandingan 10 : 1 : 1, lebih rendah dari pada yang seharusnya. Namun selama kandungan masing-masing mineral di dalam larutan sebelum diperfusi diukur, ketelitian masih tercapai.

TABEL 2. - Kadar Fe, Zn dan Cu sebelum perfusi (masuk)

Perlakuan	Fe (ppm)	Zn (ppm)	Cu (ppm)
Fe : Zn : CU			
A = 5 : 1 : 1	129,50	25,00	18,50
B = 10 : 1 : 1	178,50	27,00	19,30
C = 20 : 1 : 1	590,50	25,10	15,20
D = 50 : 1 : 1	688,50	25,25	14,05

N = 3

Pengaruh dosis tinggi besi terhadap penyerapan seng

Dari hasil pengamatan tampak bahwa pada kecepatan perfusi 0,5 ml/menit penyerapan seng terganggu pada perbandingan Fe : Zn : Cu = 10 : 1 : 1 dan pada perbandingan Fe : Zn : Cu = 50 : 1 : 1 sama sekali tidak terjadi penyerapan seng (TABEL 3). Hal ini sesuai dengan hasil yang didapatkan oleh Solomon¹⁶ yang menunjukkan bahwa perbandingan Fe/Zn = 2,5; 5 dan 10 menurunkan penyerapan seng pada tikus. Demikian juga Solomon & Jacob¹⁷ yang mengamati pada manusia, mengatakan bahwa perbandingan Fe/Zn = 1 : 1; 2 : 1 dan 3 : 1 menghambat penyerapan seng, selama keduanya dalam bentuk garam anorganik. Garam anorganik yang digunakan adalah sama dengan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu seng sulfat dan ferro sulfat.

TABEL 3. - Keterserapan Fe, Zn dan Cu dengan kecepatan perfusi 0,5 ml/menit

Komposisi larutan Fe : Zn : Cu	Mineral terserap (%)		
	Fe	Zn	Cu
A = 5 : 1 : 1	97,94 ^a	89,72 ^a	84,91 ^a
B = 10 : 1 : 1	64,68 ^b	12,37 ^c	76,52 ^b
C = 20 : 1 : 1	68,12 ^b	63,18 ^b	85,78 ^a
D = 50 : 1 : 1	63,93 ^b	-1,02 ^d	89,03 ^a

N = 5

Angka yang diikuti huruf yang sama pada setiap kolom tidak berbeda nyata

Penyerapan seng pada perbandingan Fe : Zn : Cu = 20 : 1 : 1 seharusnya lebih rendah dari pada perbandingan 10 : 1 : 1, namun di sini ternyata lebih tinggi. Mencermati hasil penemuan pakar-pakar sebelumnya seperti diutarakan di atas, dan

hasil penelitian ini, pada perbandingan 50 : 1 : 1 sudah tidak terjadi penyerapan sama sekali, dimungkinkan tingginya penyerapan seng pada perbandingan 20 : 1 : 1 karena kesalahan standarisasi pada pembacaan dengan *Atomic Absorption Spectrophotometer*. Kemungkinan ini diambil karena pembacaan pada mineral yang lain, Fe dan Cu pada saat itu juga lebih tinggi dibanding perbandingan 10 : 1 : 1 (ketiga mineral dibaca/diukur pada saat yang sama). Di samping itu asumsi ini juga dikuatkan dengan hasil yang diberikan pada kecepatan perfusi 0,33 ml, di mana penyerapan seng pada perbandingan Fe : Zn : Cu = 20 : 1 : 1 tidak lebih tinggi dari pada perbandingan 10 : 1 : 1.

Irianto²⁶ menggunakan dosis tinggi besi dengan perbandingan Fe : Zn = 0 : 1; 1 : 1; 2 : 1; 20 : 1 dan 100 : 1 mendapatkan bahwa terjadi kompetisi besi dan seng di duodenum dan ileum tikus putih (*Rattus rattus*). Selanjutnya didapatkan bahwa mulai perbandingan 1 : 1 sudah tampak adanya penurunan namun dalam percobaannya sampai perbandingan 100 : 1, masih terjadi penyerapan seng. Namun, perlu diingat bahwa cara yang dipakai adalah in vitro dengan usus dibalik, sedangkan pada penelitian ini dipakai cara in situ dengan kecepatan perfusi 0,5 ml/menit, sedangkan pada kecepatan 0,33 ml/menit pada perbandingan 50 : 1 : 1 masih terjadi penyerapan cukup tinggi yaitu 65% (TABEL 4).

Pada kecepatan perfusi 0,33 ml/menit tampak bahwa penyerapan seng mulai terganggu sejak perbandingan Fe : Zn : Cu = 10 : 1 : 1, karena tampak bahwa banyaknya seng yang terserap tidak berbeda nyata dengan perbandingan yang lebih besar (TABEL 4). Dengan kecepatan perfusi 0,33 ml/menit, penyerapan pada perbandingan 5 : 1 : 1 lebih rendah (78%) dibanding dengan pada kecepatan 0,5 ml/menit yang mencapai 90% (TABEL 3 dan TABEL 4).

TABEL 4. - Keterserapan Fe, Zn dan Cu dengan kecepatan perfusi 0,33 ml/menit

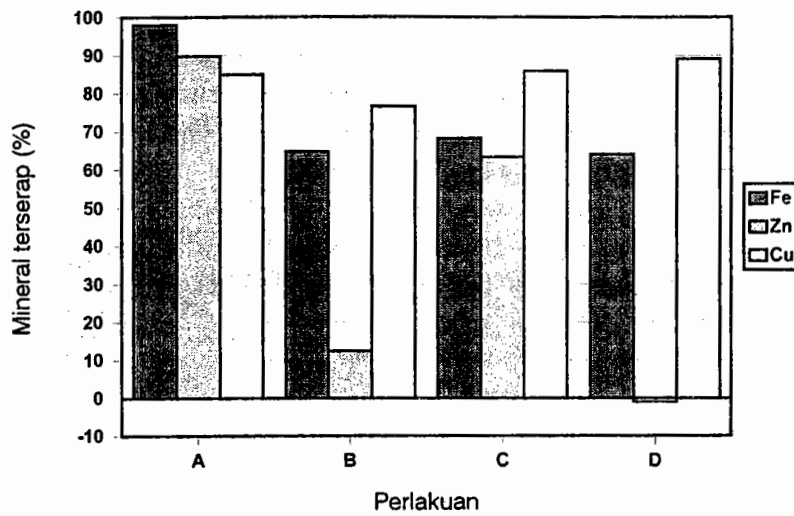
Komposisi larutan Fe : Zn : Cu	Mineral terserap (%)		
	Fe	Zn	Cu
A = 5 : 1 : 1	98,77 ^a	77,76 ^a	96,00 ^a
B = 10 : 1 : 1	82,77 ^b	48,88 ^b	83,88 ^c
C = 20 : 1 : 1	62,08 ^c	56,17 ^b	86,51 ^{bc}
D = 50 : 1 : 1	68,49 ^c	64,57 ^{ab}	89,39 ^b

N = 5

Angka yang diikuti huruf yang sama pada setiap kolom tidak berbeda nyata

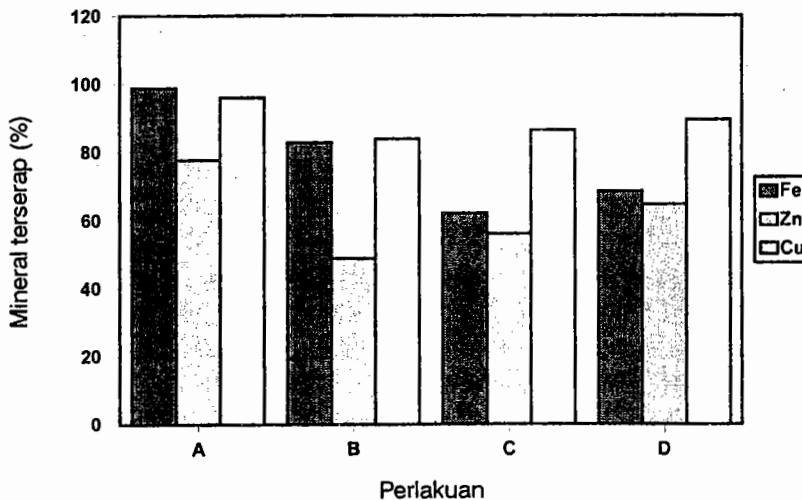
Dengan ini dapat dikatakan mungkin kecepatan 0,5 ml/menit terlalu cepat untuk dapat menyerap seng karena jumlah besi yang terlalu tinggi berhasil merebut kesempatan seng untuk diserap. Seperti dijelaskan oleh Solomon¹⁶ bahwa mekanisme interaksi antara seng dan besi dapat diterangkan sebagai berikut : (1) Interaksi intraluminal yang merupakan interaksi yang terjadi di dalam lumen. Interaksi ini terdiri dari interaksi langsung seng dengan besi dan kompetisi seng dengan besi dalam memperebutkan ligan pengikat. (2) Interaksi mukosa, interaksi ini terjadi pada sel-sel mukosa, yang terdiri dari kompetisi

sisi reseptor dan kompetisi *ligand binding protein* eksternal. (3) Interaksi intrasellular yang terjadi di sel-sel usus, meliputi : (a) kompetisi *ligand binding protein* internal (b) kompetisi *ligand binding protein* intrasellular dan (c) induksi *ligand binding protein* intrasellular. (4) Interaksi serosa. Interaksi ini terjadi di sel-sel serosa, meliputi kompetisi reseptor di dalam serosa dan kompetisi pengangkut *ligand binding protein*. Dengan melihat penjelasan tersebut dapat dikatakan bahwa apa yang terjadi pada penelitian ini mungkin dikarenakan terjadinya interaksi intraluminal dan mungkin juga interaksi mukosa.



Keterangan : Komposisi larutan yang diperfusi (Fe:Zn:Cu)
A : 5:1:1; B : 10:1:1; C : 20:1:1; D : 50:1:1

GAMBAR 2. - Persentase Fe, Zn dan Cu terserap pada berbagai kadar Fe dengan kecepatan perfusi 0,50 ml/menit



Keterangan : Komposisi larutan yang diperfusi (Fe:Zn:Cu)
A : 5:1:1; B : 10:1:1; C : 20:1:1; D : 50:1:1

GAMBAR 3. - Persentase Fe, Zn dan Cu terserap pada berbagai kadar Fe dengan kecepatan perfusi 0,33 ml/menit

Pengaruh dosis tinggi besi terhadap penyerapan tembaga

Tidak seperti halnya penyerapan seng, penyerapan tembaga tampaknya tidak begitu terpengaruh dengan adanya dosis tinggi besi. Pada kecepatan perfusi 0,5 ml/menit, terlihat bahwa sampai pada dosis tertinggi yaitu perbandingan 50 : 1 : 1 masih terjadi penyerapan tembaga yang tinggi yaitu 89% (TABEL 3 dan GAMBAR 2). Demikian juga pada perfusi dengan kecepatan 0,33 ml/menit penyerapan tembaga sama tingginya (89%) dengan kecepatan perfusi 0,5 ml/menit (TABEL 4 dan GAMBAR 3). Terlihat juga bahwa pada larutan yang mengandung mineral dengan perbandingan Fe : Zn : Cu = 5 : 1 : 1 dan 10 : 1 : 1 penyerapan tembaga pada kecepatan perfusi 0,33 ml/menit masing-masing 96% dan 84% lebih tinggi dibanding kecepatan perfusi 0,5 ml/menit (TABEL 3 dan TABEL 4). Meskipun tampak adanya penurunan namun sangat kecil. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa antara besi dan tembaga tidak ada interaksi, jadi dosis tinggi besi tidak mengganggu penyerapan tembaga. Pakar-pakar terdahulu melaporkan adanya interaksi antara seng dan tembaga, namun interaksi antara besi dan tembaga belum pernah dilaporkan.

Kecepatan perfusi

Penyerapan ketiga mineral yaitu besi, seng dan tembaga pada kecepatan perfusi 0,33 ml/menit lebih tinggi dibanding kecepatan perfusi 0,5 ml/menit. Hal ini menunjukkan bahwa kalau aliran diperlambat masih terjadi adanya penyerapan. Namun kalau lebih lambat dari pada 0,33 ml/menit tidak mungkin dapat dilakukan karena tikus akan mati. Lama waktu yang dipakai dengan kecepatan 0,33 ml/menit adalah maksimum. Dengan demikian kecepatan perfusi 0,33 ml/menit merupakan kecepatan optimal untuk melakukan pengukuran penyerapan secara in situ.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

1. Pada kecepatan perfusi 0,5 ml/menit dosis tinggi besi mengganggu penyerapan seng, sampai perbandingan tertinggi Fe : Zn : Cu = 50 : 1 : 1 penyerapan seng tidak terjadi. Demikian juga pada kecepatan perfusi 0,33

ml/menit penyerapan seng terganggu dengan adanya dosis tinggi besi, jadi dosis tinggi besi mengganggu penyerapan seng.

2. Pengaruh dosis tinggi besi terhadap penyerapan tembaga sangat kecil, sehingga dapat dikatakan dosis tinggi besi tidak mengganggu penyerapan tembaga.

Saran

Masih perlu diteliti pengaruh dosis besi yang tinggi ini terhadap penyerapan mineral-mineral yang lain secara in vivo, agar hasil yang didapat dapat dibandingkan dan diketahui dosis tertinggi. Dengan demikian pemberian besi per oral berupa pil zat besi dapat mencapai tujuan yang diinginkan.

KEPUSTAKAAN

1. Hamilton RP, Fox MRS, Fry Jr BE, Jones AOL, Jacobs RM. Zinc interference with copper, iron and manganese in young Japanese quail. *J Food Sci.* 1979; 44: 738-41.
2. Anonymous. Copper deficiency induced by megadosis of zinc. *Nutr Rev* 1985; 43: 148-50.
3. Hamilton DL, Valberg LS. Relationship between cadmium and iron absorption. *Am J Physiol* 1974; 227: 103-37.
4. Krause MV, Mahan LK. Food nutrition and diet therapy, A textbook of nutritional care. Philadelphia: WB. Saunders Co, 1984.
5. Lee K, Clydesdale FM. Quantitative determination of the elemental, ferrous, ferric, soluble and complexed iron in food. *J Food Sci* 1979; 44: 549-54.
6. Moore CV, Dubach R, Minnich V. Absorption of ferrous and ferric radioactive iron by human subjects and by dogs. *J Clin Invest* 1944; 23: 755-9.
7. Brise H, Hallberg L. A method for comparative studies on iron absorption in man using two radio iron isotopes. *Acta Med Scand Suppl.* 1962; 376(Suppl): 7-13.
8. Czajka-Narins DM. Minerals. In: Krause MV, Mahan LK, editors. Food nutrition and diet therapy. Philadelphia: WB. Saunders Co, 1984.
9. Conrad ME, Schade SG. Ascorbic acid chelates in iron absorption: A role for hydrochloric acid and bile. *Gastroenterology* 1968; 55: 35-45.
10. Conrad ME, Barton JC. Factors affecting iron balance. *Am J Hematol.* 1981; 10: 199-206.
11. Sayers MH, Lynch SR, Jacobs P, Charlton RW, Bothwell TH, Walker RB, et al. The effects of ascorbic acid supplementation on the absorption of iron in maize, wheat and soya. *Br J Haematol.* 1973; 24: 209-17.
12. Davies NT, Nightingale R. The effects of phytate on intestinal absorption and secretion of zinc and whole-body retention of zinc, copper, iron and manganese in rats. *Br J Nutr* 1975; 34: 243-58.

13. Reinhold GJ, Garcia JS, Garzon P. Binding of iron by fiber of wheat and maize. *Am J Clin Nutr* 1981;34: 1384-91.
14. Ismail-Beigi FB, Faraji B, Reinhold JG. Binding of zinc and iron to wheat bread, wheat bran, and their components. *Am J Clin Nutr.* 1977;30:1721-5.
15. Fernandez R, Phillips SF. Components of fiber bind iron in vitro. *Am J Clin Nutr.* 1982; 35: 100-106.
16. Solomon NW. Competitive mineral-mineral interaction in the intestine. Implication for zinc absorption in humans. In : Inglett GE, editor. *Nutritional bioavailability of zinc.* ACS. Symposium Series 210. American Society, Washington, D. C. p. 247-271.
17. Solomon NW, Jacob RA. Studies on the bioavailability of zinc in humans: Effects of heme and nonheme iron on the absorption of zinc. *Am J Clin Nutr.* 1981; 34: 475-82.
18. Hill CH, Matrone C. Chemical parameters in the study of in vivo and in vitro interactions of transition elements. *Fed. Proc.* 1970; 29: 1474-81.
19. Forbes RM. Mineral utilization in the rat. III. Effects of calcium, phosphorus, lactose and source of protein in zinc-deficient and in zinc-adequate diets. *J Nutr.* 1964; 83: 223-5.
20. Likuski HJA, Forbes RM. Mineral utilization in the rat. IV. Effects of calcium and phytic acid on the utilization of dietary zinc. *J Nutr* 1965; 85: 230-4.
21. Labbe MR, Fisher PWF. The Effect of high dietary zinc and copper deficiency on the activity of copper-requiring metalloenzymes in the growing rat. *J Nutr* 1984; 114: 813-22.
22. Mahloudji MJ, Reinhold G, Haghshenass M, Ronaghy HA, Spivey Fox MR, Halsted JA: Combined zinc and iron compared with iron supplementation of diets of 6 to 12 years old village school children in Southern Iran. *Am J Clin Nutr.* 1975;28: 721-5.
23. Susanto, E. 1989. Keterserapan besi dan seng hayati daging sapi (*Bos sp.*) diukur secara in situ pada tikus. Skripsi Sarjana S1 Fakultas Biologi UGM.
24. Schroeder JJ. Evaluations of animal method for iron absorption study. [Dissertation] Columbia: University of Missouri- Columbia, 1985.
25. Gordon DT, Roberts GL. Mineral and proximate composition of Pacific coast fish. *J Agric Food Chem.* 1977;25: 1262-s8.
26. Irianto AJ. Pengaruh berbagai kadar besi (Fe) terhadap penyerapan seng (Zn) di duodenum dan ileum *Rattus rattus* in vitro. [Skripsi Sarjana S1] Yogyakarta: Fakultas Biologi UGM.
27. Tallarida RJ, Jacob ZS. The dose response relation in pharmacology. New York: Springer-Verlag, 1979.