

STUDI BIOANORGANIK : MINERAL RUNUTAN DALAM METABOLISME TUBUH

Kun Sri Budiasih

Jurdik Kimia FMIPA UNY

kunsb@uny.ac.id atau ks_budiasih@yahoo.co.uk

ABSTRAK

Unsur-unsur logam merupakan unsur dominan dalam Kimia. Pembahasan dan pengembangan riset unsur logam selama ini lebih banyak diarahkan pada produksi, penggunaan dalam industri dan penanganan limbah yang menjadi bagian dari industri pula. Studi tentang peran unsur-unsur logam dalam sistem hidup merupakan topik yang perlu dikaji dan dikembangkan. Unsur-unsur logam yang dikenal sebagai mineral memiliki peran yang sangat penting dalam metabolisme tubuh manusia. Meskipun diperlukan dalam jumlah relatif kecil, kekurangan salah satu unsur dapat menimbulkan gangguan. Unsur-unsur mineral yang diperlukan tubuh tersebar di hampir semua posisi dalam Tabel Periodik Unsur. Unsur-unsur alkali (seperti Na dan K), alkali tanah (Ca, Mg, hingga unsur-unsur transisi (Cr, Fe, Zn) menunjukkan peran masing-masing.

Unsur-unsur Alkali dan Alkali tanah yang banyak berperan sebagai mineral nutrisi adalah K, Na, Ca serta Mg. Natrium (Na) yang umumnya diperoleh dari garam dapur (NaCl) berperan dalam membuat bahan dasar sel dan bersama ion K (kalium) berperan mengatur kelancaran keluar masuknya air dan sari makanan dari dan ke dalam sel. Ca (kalsium) berperan dalam pembentukan tulang dan gigi. Magnesium (Mg) berperan untuk kelancaran kerja berbagai enzim.

Molekul yang mengandung unsur transisi juga menunjukkan peran yang signifikan dalam proses biokimia di berbagai sistem hidup. Contoh yang populer adalah kompleks besi haemoglobin, yang bertanggungjawab dalam transport oksigen dalam darah pada semua vertebrata dan beberapa avertebrata. Selenium memiliki variasi karakter menurut spesiesnya. Sejumlah bukti menyatakan bahwa sejumlah dosis sedang dari vitamin E dan selenium dapat menghambat pertumbuhan tumor. Namun demikian, selenium dalam konsentrasi besar bersifat racun bagi tubuh. Unsur-unsur transisi menunjukkan variasi valensi atau tingkat oksidasi pada senyawa yang dibentuknya, antara +1 hingga +8. Seringkali perbedaan valensi ini memberikan efek yang kontradiktif dalam sistem hidup. Sebagai contoh, kromium heksavalen merupakan spesies yang bersifat toksik, sementara ion paralelnya yang bervalensi III berperan dalam metabolisme glukosa.

Kata kunci: Bioanorganik, mineral, sistem hidup

PENDAHULUAN

Unsur-unsur logam merupakan unsur dominan dalam ilmu Kimia. Lebih dari 90 unsur dari total 109 unsur adalah logam. Pembahasan dan pengembangan riset unsur logam selama ini lebih banyak diarahkan pada produksi, penggunaan dalam industri dan penanganan limbah yang menjadi bagian dari industri pula.

Studi tentang peran unsur-unsur logam dalam sistem hidup merupakan topik yang perlu dikaji dan dikembangkan. Unsur-unsur logam yang dikenal sebagai mineral memiliki peran yang sangat penting dalam metabolisme tubuh manusia. Meskipun diperlukan dalam jumlah relatif kecil, kekurangan salah satu unsur dapat menimbulkan gangguan.

Kimia Bioanorganik mengkhususkan diri pada studi tentang aspek kimia dari molekul-molekul logam yang berkait dengan sistem biologis. Ilmu ini memiliki perhatian pada penggunaan ion logam pada proses-proses biokimia. Bioanorganik juga mencakup molekul sintesis yang mengandung logam dan bahan organik seperti obat-obatan. Ilmu ini menjadi penghubung antara

biokimia dan kimia anorganik, yang dapat menjelaskan bagaimana senyawa-senyawa anorganik melaksanakan perannya dalam sistem hidup.

Beberapa unsur yang banyak diperlukan dalam metabolisme tubuh antara lain Natrium, kalium, kalsium, besi, seng, kromium dan selenium. Unsur-unsur mineral ini tersebar di hampir semua posisi dalam Tabel Periodik Unsur. Unsur-unsur alkali (seperti Na dan K), alkali tanah (Ca, Mg, hingga unsur-unsur transisi (Cr, Fe, Zn) menunjukkan peran masing-masing. Masing-masing unsur berfungsi secara khas. Umumnya mereka bekerja sebagai kofaktor yang membantu kerja enzim atau molekul biologis tertentu.

Unsur-unsur logam yang dikenal sebagai mineral dalam nutrisi umumnya diperoleh dari bahan-bahan alami seperti sayuran dan buah-buahan. Selain itu, masyarakat juga mengkonsumsi mineral dari bahan suplemen yang diproduksi dengan menempatkan sejumlah senyawa yang mengandung unsur-unsur tertentu.

PEMBAHASAN

Unsur-Unsur Mineral

Mineral adalah bahan anorganik yang diperoleh dari bahan alam. Mineral berasal dari tanah dan atau air. Mineral umumnya masuk dalam tubuh sebagai garamnya, dan digunakan oleh tubuh sebagai elektrolit. Unsur-unsur mineral dapat berperan sebagai inti atau pengikat molekul tertentu sehingga dapat berfungsi dengan baik.

A. Mineral alkali

Unsur-unsur Alkali dan Alkali tanah yang banyak berperan sebagai mineral nutrisi adalah K, Na, Ca serta Mg. Natrium (Na) yang umumnya diperoleh dari garam dapur (NaCl) berperan dalam membuat bahan dasar antar sel dan bersama ion K (kalium) berperan mengatur kelancaran keluar masuknya air dan sari makanan dari dan ke dalam sel.

B. Mineral alkali tanah

1. Kalsium

Unsur ini diperoleh dari elektrolisis kalsium klorida. Sebagai senyawa kalsium banyak terdapat di alam sebagai kalsium karbonat yang diperoleh dari batu kapur/ kalsit. Kalsium juga terdapat sebagai Kalsium hidroksida $\text{Ca}(\text{OH})_2$ dan silika seperti dalam semen (C_2S).

Dalam tubuh manusia kalsium terdapat dalam gigi dan tulang sebagai kalsium fosfat. Ca (kalsium) sangat dikenal berperan dalam pembentukan tulang dan gigi. Dalam jaringan tubuh, kalsium berada dalam bentuk kompleks protein. Dalam kondisi ini kalsium menunjukkan peran dalam kontraksi otot, transmisi impuls syaraf dan membekuan darah. Sebagian kerja kalsium bersinergi dengan Magnesium.

2. Magnesium

Magnesium (Mg) berperan untuk kelancaran kerja berbagai enzim. Magnesium diperlukan tubuh untuk memproduksi 300 jenis enzim, pengiriman pesan melalui sistem syaraf, membuat otot-otot tetap lentur dan rileks serta memelihara kekuatan tulang dan gigi. Fungsi penting lainnya adalah menjaga konsistensi detak/ritme jantung serta membuat tekanan darah tetap normal.

Dalam banyak penelitian, peran magnesium juga dibutuhkan dalam mengatasi sejumlah penyakit seperti asma dan diabetes. Mineral ini juga terbukti sangat penting artinya dalam mengatasi gangguan atau kelainan ritme jantung. Magnesium juga dibutuhkan perannya dalam penyerapan serta penggunaan beragam vitamin dan mineral lainnya. Vitamin C dan kalsium misalnya, akan bekerja sempurna di dalam tubuh apabila kebutuhan magnesium tercukupi.

Dalam tubuh manusia, jumlah total magnesium mencapai sekitar 25 gram. Sebagian besar magnesium terkonsentrasi di dalam tulang dan gigi,

namun juga terdapat dalam otot dan darah. Jumlahnya yang cukup dalam tubuh sangat penting untuk menjaga keseimbangan metabolisme tubuh.

Untuk menjaga supaya kadarnya dalam tubuh tetap ideal. Asupan magnesium dapat diupayakan baik melalui makanan sehari-hari maupun suplemen tambahan bagi yang membutuhkan. Jumlah asupan magnesium setiap hari yang direkomendasikan (DRI) berbeda untuk jenis kelamin dan periode usia. Pria dewasa berusia 13-30 tahun misalnya, membutuhkan asupan magnesium sekitar 400 miligram per hari, sedangkan wanita 19-30 tahun 310 mg per hari.

Ada sejumlah zat makanan yang memiliki kadar magnesium tinggi seperti kacang-kacangan, buncis, sayuran berwarna hijau gelap, gandum murni dan seafood. Kebutuhan magnesium juga dapat dipenuhi dari konsumsi susu karena dalam setiap gelasnya terdapat sekitar 34 miligram. Makanan dari kedelai seperti tahu, tempe dan susu kedelai juga kaya akan magnesium.

Magnesium juga dapat ditambahkan melalui suplemen. Suplemen dapat memberi 10 hingga 50 mg. Asupan magnesium yang terlalu banyak - melebihi 600 mg- dapat berisiko terkena diare. Perlu pula diperhatikan pula bahwa suplemen magnesium ada yang dikombinasikan dengan sejumlah zat berbahaya. Pilihan yang tersedia juga beragam mulai dari magnesium oksida, magnesium ototat, magnesium glukonat, magnesium aspartat, magnesium glisinat, atau magnesium sitrat. Magnesium aspartat, glisinat dan sitrat lebih mudah diserap tubuh, sedangkan jenis oksida harus dihindari karena akan sulit ditoleransi tubuh (Astawan, 2008).

Magnesium berperan vital bagi kesehatan jantung. Dari sejumlah riset terungkap, kadar yang rendah berkaitan dengan sejumlah kelainan jantung. Kekurangan magnesium dapat memicu kekakuan atau kejang pada salah satu pembuluh koroner arteri, sehingga mengganggu peredaran darah dan menyebabkan serangan jantung. Sejumlah dokter ahli berpendapat defisiensi magnesium berada di belakang kasus serangan jantung khususnya pada pasien yang tak punya sejarah sakit jantung. Fakta juga menunjukkan, terapi intravena (infus) magnesium sering digunakan untuk pasien gawat jantung.

Magnesium juga penting dalam melindungi tubuh dari serangan jantung yang disebabkan pembekuan atau penggumpalan darah. Mineral ini membantu mencegah terbentuknya pembekuan dengan cara membuat platelet atau keping darah menjadi kurang "lengket" sehingga cenderung sulit untuk berbau membentuk penggumpalan.

Minimnya kadar magnesium juga menjadi penyebab kasus cardiac arrhythmias atau tidak beraturannya ritme jantung. Kelainan ini membuat jantung terkadang kehilangan atau bertambah satu detak dalam sekali ketukan atau bahkan ritme malah menjadi terlalu cepat. Jika gangguan ini makin serius dan detak jantung tak segera kembali ke normal.

C. Mineral golongan transisi

Unsur- unsur transisi merupakan sederet unsur-unsur yang menempati golongan 3 (IIIB) hingga 12 (IIB) dalam Tabel Periodik Unsur. Unsur-unsur ini memiliki nomor atom 21 hingga 30, 39-48 dan 71-80. Ada kemiripan sifat pada kelompok unsur ini.

Unsur-unsur transisi menunjukkan variasi valensi atau tingkat oksidasi pada senyawa yang dibentuknya, antara +1 hingga +8. Pada senyawa-senyawa organologam, yang mengandung logam terikat pada spesies organik, logam transisi kadang-kadang memiliki bilangan oksidasi negatif. Unsur-unsur ini memiliki sifat umum dari logam seperti kekerasan, kemampuan ditempa, konduktivitas listrik dan panas serta kilap logam. Umumnya unsur-unsur transisi berperan sebagai reduktor (donor elektron) walaupun kurang aktif dibanding golongan alkali dan alkali tanah. Unsur transisi umumnya memiliki densitas dan titik leleh tinggi dan menunjukkan sifat magnet. Unsur-unsur ini

dapat membentuk ikatan ionik maupun kovalen dengan anion-anion dan menghasilkan senyawa yang berwarna.

Molekul yang mengandung unsur transisi juga menunjukkan peran yang signifikan dalam proses biokimia di berbagai sistem hidup. Contoh yang populer adalah kompleks besi haemoglobin, yang bertanggungjawab dalam transport oksigen dalam darah pada semua vertebrata dan beberapa avertebrata.

Beberapa logam transisi diuraikan sebagai berikut:

1. Besi (Fe)

Besi adalah unsur anorganik yang masuk ke dalam tubuh dan berperan penting dalam pembuatan hemoglobin. Bagian untuk tugas ini sekitar 60%. Selain itu sekitar 20% digunakan untuk membuat hemoglobin otot dan dalam enzim pernafasan, sekitar 20% lainnya disalurkan ke dalam hati, limpa dan sumsum tulang. Besi dalam sumsum disimpan sebagai ferretin dan hemosiderin. Fe yang dibuang dari penghancuran eritrosit tidak dibuang tetapi disimpan sebagai ferritin dan hemosiderin kembali. Secara umum aliran besi dalam darah cukup lancar. Jika berlebihan unsur ini akan keluar melalui feses dan keringat. Kekurangan Fe membuat seseorang menderita anemia.

Besi banyak terdapat dalam hati, telur, ikan, kacang-kacangan dan sayuran. Di dalam lambung Fe bereaksi dengan asam lambung (HCl) membentuk FeCl_2 . Suplemen besi juga banyak tersedia, antara lain sebagai Fe-sulfat.

2. Kromium

Krom di alam berada dalam beberapa tingkat oksidasi. Yang terbanyak adalah bentuk heksavalen [Cr (VI)] dan trivalen [Cr(III)]. Spesies heksavalen memiliki senyawa yang populer antara lain kromat (misalnya Kalium kromat, K_2CrO_4) dan bikromat (misalnya Kalim bikromat, $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$).

Kromium bervalensi enam, Cr (VI), memiliki sifat toksik. Paparan akut dari Cr (VI) dapat menyebabkan gangguan hidung, diare, gangguan liver dan ginjal, dermatitis, dan problem pernafasan. Paparan Cr dalam waktu lama dapat menyebabkan alergi, dermatitis, gatal kulit, iritasi membran hidung, dan gangguan paru-paru. Namun demikian, Cr (III) justru berguna sebagai mikronutrien yang dapat membantu proses pembentukan faktor antidiabetogenik untuk mengaktifkan produksi hormon insulin. Karena sifat ini, kromium (III) dipakai dalam produk nutrisi yang dibuat khusus untuk penderita penyakit diabetes mellitus (Connel, 1995).

Penyakit *diabetes mellitus*, dalam bahasa awam sering disebut penyakit gula atau kencing manis. Penyakit ini disebabkan karena kurang optimumnya kerja pankreas yang bertugas memproduksi hormon insulin. Hormon ini bertanggungjawab membantu jaringan tubuh untuk menyerap gula sehingga dapat digunakan sebagai sumber energi. Pada kondisi kekurangan insulin, sel tubuh tak mampu menyerap glukosa. Pada tahap selanjutnya, glukosa menumpuk di dalam darah. Ketika darah kaya glukosa ini melewati sistem ginjal yang bertugas membersihkan darah, ginjal tak mampu menyerap kelebihan glukosa tersebut. Glukosa terbawa ke dalam urine yang membuat penderita diabetes sering membuang air kecil, merasa haus untuk menggantikan jumlah air yang keluar, dan lapar karena kehilangan glukosa. Seorang disebut menderita *diabetes mellitus* jika kadar gula pasca puasa mencapai 126 mg/dl (7 mmol/dl) Kadar gula puasa pada keadaan normal adalah sekitar 70-110mg/dl.

Diabetes mellitus tipe 2, umumnya terjadi pada usia dewasa, lebih dari 45 tahun, walaupun dalam perkembangannya insiden terjadinya pada usia lebih rendah dari itu bertambah dengan cepat. Tubuh kehilangan keseimbangan dalam hal produksi insulin dan kemampuan sel untuk menggunakan insulin tersebut. Gejala yang timbul adalah risiko terjadinya luka yang sukar disembuhkan serta kelelahan yang sangat. Sekitar 90 % penderita *Diabetes mellitus* adalah penderita *DM* tipe 2. Penderita cenderung tidak merasa sakit karena perkembangan gejalanya lambat. Selain faktor genetik, ada hubungan

yang kuat antara *diabetes mellitus* tipe 2 dengan kegemukan. Sekitar 80% penderita diabetes tipe ini memiliki berat badan lebih.

Diabetes mellitus dapat membawa berbagai komplikasi antara lain gejala rabun, kerusakan ginjal dan sakit pada liver. Diabetes juga dapat menyebabkan mengecilnya pembuluh darah yang dapat membuatnya tersumbat. Jika ini terjadi pada pembuluh darah dari mata, akan membuat terputusnya aliran darah di belakang mata yang berimbas pada kebutaan. *Diabetes mellitus* telah menjadi penyebab kebutaan pada pasien dengan usia antara 20- 74 tahun. Jika kejadian ini menyerang pembuluh darah ginjal, terjadilah kegagalan pada proses penyaringan toksin tubuh oleh ginjal. Sekitar 40 % peristiwa gagal ginjal disebabkan oleh diabetes. Penyumbatan pada pembuluh darah yang lebih besar dapat memberikan problem kardiovaskuler, termasuk tekanan darah tinggi dan stroke. Diabetes juga dapat menyebabkan mati rasa, terutama di bagian tungkai bawah. Ini dapat menyebabkan penderita tidak merasakan luka kecil atau infeksi. Jika telah terjadi komplikasi luka yang tidak tertolong dapat membuat pasien harus diamputasi.

Dalam nutrisi penderita DM diberikan suplementasi kromium (III) sebagai kromium pikolinat. Kromium pikolinat adalah garam kromium dari asam pikolinat (HPic) [HPic = asam pikolinat = asam piridin-2-karboksilat]. Sesuai karakternya terhadap metabolisme tubuh manusia, krom yang dimanfaatkan untuk konsumsi manusia adalah spesies trivalen, Cr (III). Sebagai upaya mengatasi penyakit *diabetes mellitus*, Cr (III) digunakan sebagai pengaktif produksi hormon insulin. Spesies ini ditambahkan sebagai suplemen pada penderita *diabetes mellitus* dengan fungsi sebagai pengaktif hormon insulin. Krom ditambahkan dalam bentuk kromium pikolinat (CrPic). Kromium pikolinat adalah bentuk krom yang paling cocok untuk sistem hidup (*bioavailable*). Senyawa ini sering digunakan sebagai suplemen diet karena melancarkan pengolahan lemak, menurunkan kadar kolesterol dan membentuk otot.

Dalam tubuh, Cr ditransformasikan menjadi bentuk aktif biologis yang disebut *Glucose Tolerance Factor* (GTF) yang dikomplekskan dengan asam nikotinat. Kompleks itu memfasilitasi interaksi insulin dengan reseptornya. Aktivitas ini akan memberi kontribusi pada peningkatan efektivitas kerja insulin.

3. Selenium (Se)

Logam transisi seperti selenium memiliki variasi karakter menurut spesiesnya. Sejumlah bukti menyatakan bahwa sejumlah dosis sedang dari vitamin E dan selenium dapat menghambat pertumbuhan tumor. Namun demikian, selenium dalam konsentrasi besar bersifat racun bagi tubuh. Aktivitas selenium bersama vitamin E dalam mencegah kanker prostat diketahui sekitar tahun 2001 dalam studi di Amerika, Kanada dan Puerto Rico.

4. Seng (Zn)

Zn, merupakan mineral penting yang terdapat dalam semua sel tubuh makhluk hidup, termasuk tubuh manusia. Lebih dari 300 macam enzim di dalam tubuh manusia memerlukan seng sebagai kofaktor untuk menjamin optimasi fungsinya. Seng berfungsi membantu pertumbuhan dan meningkatkan imunitas (Smith, 1988). Pasien diberi seng dalam jumlah cukup pada saat pra dan pasca operasi. Terapi seng juga sudah direkomendasikan bagi pasien yang menderita infeksi pernapasan, luka bakar, pembedahan, berbagai luka traumatis akibat kecelakaan, dan penyakit lain yang sangat membutuhkan kinerja penyembuhan yang baik.

Secara biokimia, seng terlibat dalam biosintesis DNA (asam deoksiribonukleat) dan diduga sebagai aktivator enzim kolagen sintetase, yaitu suatu enzim yang berperan dalam biosintesis kolagen dan meningkatkan perbaikan jaringan (www.1uphealth.com).

Seng adalah mineral esensial yang ditemukan pada hampir semua sel. Seng dapat menstimulasi aktivitas 100 macam enzim dan terlibat sebagai kofaktor pada 200 jenis enzim lainnya. Seng dinyatakan sebagai mineral yang berperan untuk meningkatkan reaksi biokimia di dalam tubuh. Mineral ini mendukung kinerja sistem imun yang diperlukan dalam penyembuhan luka, membantu memelihara fungsi indra penciuman dan pengecap, serta dibutuhkan dalam sintesis DNA. Seng juga turut mendukung pertumbuhan yang normal selama kehamilan, masa kanak-kanak, dan dewasa.

Seng terdapat pada berbagai jenis bahan pangan. Tiram mengandung seng dalam jumlah terbesar per takaran sajinnya. Dalam kehidupan sehari-hari, daging dan unggas memenuhi mayoritas kebutuhan seng karena lebih sering dikonsumsi. Sumber-sumber seng lain yang dapat dikonsumsi adalah biji-bijian, kacang-kacangan, makanan laut, gandum-gandum dan produk-produk susu.

Di dalam tubuh, sistem penyerapan seng yang berasal dari sumber hewani berlangsung lebih baik daripada yang berasal dari bahan nabati. Penyebab utama penghambatan penyerapan seng dari bahan nabati adalah tingginya kadar asam fitat dalam gandum-gandum, sereal, kacang-kacangan dan sebagainya. Asam fitat dapat bertindak sebagai antinutrisi, yang mekanisme kerjanya adalah menghambat penyerapan seng dari bahan nabati.

Tidak ada satu pun jenis pangan atau makanan yang mengandung seluruh zat bergizi yang berguna bagi tubuh. Kombinasi konsumsi daging, unggas, makanan laut, gandum-gandum, polong-polongan kering, kacang-kacangan, dan sereal yang telah difortifikasi merupakan pilihan yang paling baik.

Defisiensi seng dapat terjadi apabila asupan seng ke dalam tubuh tidak memenuhi kebutuhan harian tubuh. Sebab lain, daya cerna seng yang buruk akibat kehadiran asam fitat sebagai antinutrisi. Penyerapan seng juga diatur secara homeostatis, yaitu meningkat penyerapannya di saat tubuh mengalami defisiensi, dan menurun jika konsumsinya berlebih.

Gejala-gejala defisiensi seng adalah keterbelakangan pertumbuhan, kerontokan rambut, diare, penundaan pematangan seksual (hipogonadism), impotensi, ruam-ruam pada mata dan kulit (dermatitis) serta kehilangan selera makan. Gejala lainnya yang juga ditemukan adalah penurunan berat badan, masa penyembuhan luka yang lambat, abnormalitas indra penciuman dan pengecap akibat parakeratosis (penebalan ujung saraf sehingga tidak sensitif).

Suplemen seng berguna pada penderita kekurangan energi, peminum alkohol berat, penderita penyakit saluran pencernaan, serta pertumbuhan abnormal pada balita dan anak-anak. Vegetarian umumnya membutuhkan seng dalam jumlah 50 persen lebih besar daripada kebutuhan seng nonvegetarian. Defisiensi seng selama kehamilan dapat mengakibatkan pertumbuhan fetus yang lambat. Suplementasi seng dapat memberikan antisipasi yang baik jika diberikan pada anak-anak yang memperlihatkan gejala keterbelakangan pertumbuhan yang belum terlalu parah. ASI tidak dapat lagi memenuhi kebutuhan harian seng pada balita usia 7-12 bulan. Oleh karena itu, anak sebaiknya diberikan juga makanan pendamping air susu ibu (MP-ASI) yang kaya seng. Sebaliknya, ibu menyusui juga harus memenuhi kebutuhan seng secara tepat, baik dari bahan pangan alami maupun suplemen.

Kelompok lain yang juga rentan terhadap defisiensi seng adalah peminum alkohol. Sekitar 30-50 persen peminum alkohol berat umumnya menderita defisiensi seng. Peminum alkohol umumnya memiliki daya cerna dan daya serap yang rendah terhadap seng. Oleh karena itu, umumnya seng dalam jumlah besar akan ditemukan pada urin peminum alkohol (Smith, 1988). Defisiensi seng pada peminum alkohol akan diperparah dengan kondisi umum mereka yang jarang mengasup makanan dengan kandungan gizi seimbang. Sebagian besar kebutuhan energi mereka terpenuhi dari alkohol.

Kondisi tubuh lain yang dapat meningkatkan status defisiensi seng adalah diare. Apabila seseorang menderita diare, kemungkinannya untuk mengalami defisiensi seng menjadi lebih besar. Pada kasus diare, daya cerna seng menurun sehingga menjadi lebih banyak yang dikeluarkan dari tubuh. Kondisi pasca pembedahan, terutama pembedahan pada saluran pencernaan (usus buntu, penyakit Crohn), juga meningkatkan risiko defisiensi seng.

KESIMPULAN

Unsur-Unsur kimia yang dikenal sebagai unsur anorganik berperan dalam sistem hidup. Umumnya mereka berperan sebagai kofaktor atau katalis dalam metabolisme tubuh. Meskipun umumnya diperlukan dalam jumlah sedikit, ketiadaan unsur-unsur mineral dapat menyebabkan gangguan metabolisme tertentu.

DAFTAR PUSTAKA

- Astawan, Made., Zinc Mineral Peningkat Kekbalan Tubuh, Kompas, 23 September, 2008.
- Smith, 1988: The Reference guide for Minerals, New York.
- Anonim, Hidup Ceria dengan Diabetes, *Ethical Digest*, Semijurnal Farmasi & Kedokteran, No 6, Th II, Agustus 2004
- Budiasih KS., Penggunaan kromium askorbat sebagai nutrisi tambahan bagi diabetasi dan penderita gangguan lambung, semnas FMIPA UNY, 2007.
- Budiasih, KS., 2007, Karakterisasi kromium (III) askorbat sebagai upaya mendapatkan data pembandingan bagi produk sintesis, penelitian tidak dipublikasikan, FMIPA UNY.
- Cefalu, W.T., et all, Effect Of Chromium Picolinate On Insulin Sensitivity In Vivo, *J. of Trace Elements in Experimental Medicine*, vol 12. Iss 2, 1999.
- Connel, D.W, Miller G.J, *Kimia dan Ekotoksikologi Pencemaran*, UI Press, Jakarta, 1995.
- Jovanovic,L., et all, Chromium Supplementation For Women With Gestational Diabetes mellitus, *J. of Trace Elements in Experimental Medicine*, vol 12. Iss 2, 1999.
- Microsoft® Encarta® Reference Library 2005. Chromium, © 1993-2004 Microsoft Corporation**
- <http://www.orthomolecular.org/micronutrient/chromium.> (15 Maret 2007)
- Ophardt CE., 2003, *Overview of Metabolism*, Virtual Chembook, Elnhurst College, USA.
- Sahin, K & Sahin,N., 2002, Effect of Chromium Picolinate and Ascorbic Acid Dietary Supplementation on Nitrogen and Minerals Excretion of Laying Hens Reared In a Low Ambient Temperature (7°C), *Acta Vet*, BRNO 2002, vol 71: p.183-189.

Stearns, DM., Wetterhahn, KE., Reaction of Chromium (VI) with ascorbate produces Chromium (V), Chromium (IV) and carbon- Based Radicals, *Chem.,Res.Toxicol*, 1994, Vol. 7, p.219-230.

Thomas M. Terry, 2003, The electron transport, University of Connecticut, [http://www. Realtime/minerals](http://www.Realtime/minerals).

Yatim, Wildan; 2001, *Mineral bagi Kehidupan*, Republika, 3 Agustus 2001.

Winarno, FG (1991), *Kimia Pangan dan Gizi*, Gramedia, Jakarta.