

5.

ANGKA KECUKUPAN VITAMIN LARUT AIR

Budi Setiawan dan Sri Rahayuningsih

ABSTRAK

Vitamin larut air merupakan vitamin yang mempunyai berbagai fungsi penting dalam tubuh. Angka Kecukupan Gizi (AKG) vitamin larut air dimaksudkan untuk menjadi rujukan asupan vitamin larut air agar tercapai kondisi yang sehat. Vitamin larut air yang dibahas meliputi tiamin (vitamin B1), riboflavin (vitamin B2), niasin, asam folat, piridoksin (vitamin B6), vitamin B12, dan vitamin C. Untuk masing-masing jenis vitamin larut air dibahas mengenai fungsinya bagi tubuh, sumber bahan pangan, efek kekurangan maupun kelebihan, faktor-faktor yang mempengaruhi kebutuhan, metode penentuan kebutuhan dan kecukupan, rekomendasi kecukupan dan penerapannya, serta berbagai riset yang perlu dilakukan pada masa mendatang. AKG vitamin larut air dinyatakan untuk masing-masing kelompok umur sebagai berikut: bayi 0-6 bulan dan 7-11 bulan; anak 1-3 tahun, 4-6 tahun, dan 7-9 tahun; pria 10-12 tahun, 13-15 tahun, 16-18 tahun, 19-29 tahun, 30-49 tahun, 50-64 tahun, dan 65 tahun keatas; wanita 10-12 tahun, 13-15 tahun, 16-18 tahun, 19-29 tahun, 30-49 tahun, 50-64 tahun, dan 65 tahun keatas; ibu hamil trimester 1, 2, dan 3; serta ibu menyusui untuk 6 bulan pertama dan 6 bulan kedua. Penyempurnaan AKG vitamin larut air dilakukan dengan mempertimbangkan perkembangan iptek dan berbagai kesepakatan internasional maupun regional. Penetapan AKG vitamin larut air lebih didasarkan kepada penelitian yang dilakukan di luar negeri serta memperbandingkan AKG vitamin larut air dari berbagai negara. Di masa mendatang perlu dilakukan local study untuk penetapan kriteria kecukupan masing-masing jenis vitamin larut air. Disamping itu data mutakhir tentang kandungan vitamin larut air pada berbagai jenis pangan yang dikonsumsi di Indonesia sangat diperlukan untuk mendapatkan data yang akurat tentang intik konsumsi masing-masing jenis vitamin larut air.

I. PENDAHULUAN

Angka kecukupan gizi (AKG) merupakan hasil tinjauan pustaka terhadap jumlah kebutuhan zat-zat gizi dan berbagai hal yang menghubungkan keadaan gizi dan penyakit. AKG disusun dengan tujuan menjadi rujukan bagi asupan zat gizi agar tercapai keadaan sehat. Walaupun anjuran diberikan dalam bentuk kebutuhan masing-masing zat gizi, namun jumlah tersebut hanya akan bermanfaat bila semuanya dikonsumsi secara keseluruhan. Hal tersebut dapat dicapai dengan mengkonsumsi kombinasi berbagai bahan makanan yang tersedia.

Perlu diperhatikan bahwa angka kecukupan gizi ini ditujukan pada individu sehat dengan umur tertentu menurut kelompoknya. Faktor yang diperhatikan pada penyusunan AKG ini adalah berat badan, umur, dan faktor penyesuaian terhadap keadaan tertentu misalnya pada perempuan usia subur dimana terjadi kehilangan zat besi serta zat-zat pembentuk darah lain, perlu ditambahkan jumlah tertentu

sebagai pengganti kehilangan. Demikian pula pada kebutuhan yang meningkat seperti pada kehamilan dan laktasi.

Perubahan pola penyakit yang mengarah pada penyakit yang bersifat degeneratif dan kronik memerlukan perhatian tersendiri. Berbagai laporan epidemiologik menghubungkan kejadian penyakit-penyakit degeneratif, seperti penyakit jantung dan kanker, dengan pola makan. Pola diet dalam hal ini merupakan salah satu faktor risiko yang dapat menurunkan insiden penyakit tertentu, bukan menghilangkan atau mencegah timbulnya penyakit degeneratif tersebut.

Pada makalah ini dikemukakan beberapa dasar penyusunan AKG bagi beberapa vitamin larut air yakni fungsi vitamin, bahan makanan sumbernya, pengaruh kekurangan atau kelebihan, dan faktor yang mempengaruhi kebutuhan dan kecukupan.

II. TIAMIN

Fungsi dan Sumber Tiamin

Nama lain tiamin adalah vitamin B1. Tiamin merupakan koenzim yang penting pada metabolisme energi dari karbohidrat. Vitamin ini larut dalam air dan tidak tahan panas.

Tiamin merupakan faktor pada dekarboksilasi oksidatif dari asam α -keto (α -keto acids) seperti piruvat dan α -ketoglutarat. Selain itu, ia terlibat dalam proses transketolasi, yang mengkatalisis interkonversi gula dengan 3 sampai 7 atom karbon. Dengan demikian kebutuhan tiamin dikaitkan dengan asupan karbohidrat. Absorpsi vitamin dalam jumlah asupan sehari-hari relatif mudah, di bagian proksimal intestin. Ekskresi melalui ginjal dalam bentuk tiamin asetat atau metabolitnya.

Tiamin terdapat pada seluruh jaringan tubuh, tetapi tidak terdapat jaringan cadangan tiamin, sehingga asupan sehari-hari sangat penting untuk mencukupi kebutuhan tubuh. Seperti telah dikemukakan di atas, tiamin mempunyai peran penting pada metabolisme karbohidrat. Dengan demikian penetapan jumlah yang akan dianjurkan harus melihat pada jumlah karbohidrat dalam makanan orang Indonesia.

Bahan makanan yang kaya akan tiamin adalah sereal dan berbagai jenis kacang, hati, jantung, dan ginjal. Kadar tiamin pada berbagai jenis kacang

meningkat sesuai kematangan biji kacang tersebut. Daging juga merupakan sumber tiamin yang baik.

Efek Kekurangan dan Kelebihan Tiamin

Kekurangan tiamin akan menimbulkan gejala kehilangan nafsu makan, penurunan berat badan, penurunan kecepatan denyut jantung (*bradycardia*) dan penurunan temperatur tubuh. Tonus otot akan menurun dan terjadi gangguan pada sistem syaraf (lumpuh). Otot jantung menjadi lemah (gagal jantung) yang akan berakibat edema perifer dan asites. Gejala-gejala di atas disebut beri-beri. Beri-beri dibagi menjadi dua jenis, beri-beri basah yaitu apabila gejala edema akibat gagal jantung menonjol, dan beri-beri kering apabila gejala gangguan fungsi otot dan syaraf (lumpuh) lebih menonjol.

Pada peminum alkohol dapat terjadi kekurangan tiamin dengan gejala menyangkut otot dan jaringan syaraf. Pada kekurangan yang berat dapat timbul kematian. Gejala pada alkoholik ringan yang timbul akibat kekurangan tiamin adalah *polyneuropathy* pada ekstremitas bawah.

Kelebihan asupan tiamin akan diekskresikan oleh ginjal. Kelebihan dalam dosis ribuan kali jarang sekali terjadi, hanya terjadi pada pemberian melalui suntikan dosis besar beberapa kali, bukan melalui asupan per oral.

Faktor yang Mempengaruhi Kebutuhan Tiamin

Kebutuhan tiamin dipengaruhi oleh umur, asupan energi, asupan karbohidrat, dan berat badan. Aktivitas fisik akan mempengaruhi kebutuhan energi, sehingga aktivitas fisik rata-rata per hari perlu diperhatikan untuk penetapan jumlah asupan yang dianjurkan. *Food and Nutrition Board USA* memberikan rekomendasi berdasarkan beberapa studi jumlah 0,5 mg per 1000 Kal, dan minimal 1 mg untuk asupan energi kurang dari 2000 Kal. Untuk ibu hamil dan menyusui diperlukan tambahan sebesar 0,3 mg per hari.

Dalam bentuk bahan makanan, faktor yang perlu diperhatikan adalah proses pengolahan bahan makanan. Beras atau gandum yang telah disosoh (*slip/polish*) beberapa kali akan kehilangan sebagian besar tiamin yang terdapat pada kulit ari/bekatul.

Kebutuhan dan Kecukupan Tiamin

Status tiamin dinilai berdasarkan tiga macam tes biokimia dan fungsional (Rindi, 1996) yaitu : 1) *erythrocyte transketolase activity (ETKA)*; 2) *Urinary thiamin excretion* (sebelum dan sesudah pemberian tiamin); dan 3) *blood thiamin levels*. Penentuan kebutuhan dan kecukupan tiamin dilakukan dengan studi asupan

konsumsi dikaitkan dengan beberapa indikator status gizi. Selain itu dapat pula dilakukan studi *depletion-repletion* yang terkontrol pada orang sehat.

Beberapa studi di luar negeri yang berkaitan dengan kebutuhan tiamin telah dilakukan berupa survei gizi maupun penelitian ekperimental. Berdasarkan penelitian tersebut, kebutuhan minimum tiamin adalah antara 0,20-0,23 mg per 1000 Kal. Dengan mempertimbangkan faktor keamanan, kecukupan tiamin dapat ditetapkan sebesar 0,50 mg per 1000 Kal (Gubler, 1991).

Rekomendasi untuk bayi didasarkan pada kandungan tiamin dalam air susu ibu yaitu 0,21 mg/l, atau sebesar 0,16 mg tiamin per 0,75 liter ASI per hari. Sehingga ibu hamil memerlukan tambahan 0,3 mg tiamin yang ditransfer melalui ASI (FAO/WHO, 2001).

III. RIBOFLAVIN

Fungsi dan Sumber Riboflavin

Nama lainnya adalah vitamin B2. Riboflavin merupakan bagian dari koenzim flavin adenine dinucleotide dan flavin mononucleotide (riboflavin-5'-phosphate). Flavoprotein berfungsi sebagai enzim pada pernafasan sel dan pada oksidasi substrat oleh oksigen. Jadi riboflavin adalah komponen penting pada metabolisme intermediate.

Riboflavin sebagai bagian dari FAD dan FMN adalah koenzim pada reaksi oksidasi-reduksi seluler. Rantai pernafasan sel di mitokondria dan semua reaksi yang menggunakan FAD atau FMN akan memerlukan riboflavin. Riboflavin juga diperlukan untuk mengubah dua bentuk piridoksin yang tidak aktif menjadi bentuk aktifnya yaitu *pyridoxal phosphate*.

Absorpsi riboflavin terjadi secara aktif, bila terdapat *carrier* (pengangkut), energi dan *sodium dependent*. Absorpsi terjadi di sepanjang usus halus, namun absorpsi maksimal terjadi pada bagian jejunum. Kadar tertinggi dalam plasma dicapai dalam 2 jam. Riboflavin terdapat dalam sirkulasi terikat pada plasma protein, terutama albumin. Walaupun kadar dalam sel dapat meningkat beberapa kali kadar dalam cairan sekitarnya, namun sel akan menggunakan vitamin ini secara cepat, dan hanya sangat sedikit yang tinggal sebagai cadangan. Kelebihan riboflavin akan cepat didegradasi dan diekskresi cepat melalui urin, dan hanya jumlah sangat sedikit yang ditemukan dalam feses. Ekskresi dalam urin 24 jam dapat dipergunakan untuk indeks. Cara lain yang dapat dipergunakan untuk memeriksa kekurangan vitamin ini adalah pemeriksaan *erythrocyte glutathione*

reductase. Aktivitas rendah enzim ini mempunyai hubungan dengan asupan riboflavin yang tidak adekuat.

Bahan makanan sumber riboflavin yang baik berasal dari bahan makanan hewani seperti susu, daging, telur, dan unggas. Sayuran hijau yang mengandung cukup riboflavin adalah bayam, brokoli dan asparagus.

Efek Kekurangan dan Kelebihan Riboflavin

Gangguan pertumbuhan, hilangnya nafsu makan dan beberapa luka pada kulit (luka pada sudut mulut, dermatitis) merupakan tanda adanya defisiensi riboflavin, walaupun gejala tersebut tidak khas. Gejala spesifik hampir tidak dapat ditentukan karena fungsi riboflavin dalam FAD dan FMN sangat penting dan terdapat pada seluruh sistem metabolisme intermedier.

Belum ditemukan laporan kelebihan riboflavin, karena semua kelebihan akan cepat didegradasi dan diekskresikan melalui urin. Tidak terdapat jaringan cadangan riboflavin.

Faktor yang Mempengaruhi Kebutuhan Riboflavin

Kebutuhan riboflavin terkait dengan *energy expenditure*, karena vitamin ini diperlukan untuk metabolisme seluruh jaringan tubuh. Kehamilan dan laktasi akan meningkatkan kebutuhan riboflavin. Dianjurkan asupan riboflavin sebesar 0,75 mg/1000 Kal.

Kebutuhan dan Kecukupan Riboflavin

Metode yang paling umum digunakan untuk penentuan status riboflavin adalah *erythrocyte glutathione reductase (EGR) activity*. *EGR activity coefficient (EGR-AC)* adalah rasio *erythrocyte activity* dengan dan tanpa penambahan FAD dengan standar tunggal untuk semua kelompok umur. Metode lain yang dapat digunakan adalah pengukuran pengeluaran riboflavin dengan teknik *fluorimetric HPLC*. Metode ketiga yang dapat digunakan adalah pengukuran *erythrocyte flavins* baik secara mikrobiologis maupun fluorimetik sebagai riboflavin.

Rekomendasi untuk bayi didasarkan kandungan riboflavin dalam air susu ibu yaitu rata-rata 0,35 mg/l, atau sebesar 0,26 mg riboflavin per 0,75 liter ASI per hari. Pemberian 1,7 mg riboflavin terhadap orang dewasa sehat, ternyata sebagian besar diekresikan melalui urin (Roughead, 1991). Bouisvert *et al.* (1993) melaporkan normalisasi *glutathion reductase AC* pada orang dewasa sehat adalah sekitar 1,3 mg riboflavin/hari, selanjutnya riboflavin dalam urin meningkat tajam apabila intake riboflavin diatas 1,0-1,1 mg/hari. Ibu hamil memerlukan tambahan 0,3 mg riboflavin yang ditransfer melalui ASI per hari, dengan mempertimbangkan

efisiensi utilisasi dalam produksi ASI, maka tambahan untuk ibu menyusui menjadi 0,4 mg/hari (FAO/WHO, 2001).

IV. NIASIN

Fungsi dan Sumber Niasin

Niasin dikenal juga sebagai vitamin B3, nicotinic acid, niacinamide, dan juga sebagai *pellagra preventing factor* (faktor anti pelagra). Niasin terdapat dalam dua bentuk, sebagai nicotinic acid (niacin) dan sebagai nicotinamide. Merupakan bagian utama dari koenzim NAD⁺ dan NADP⁺.

Nicotinamide lebih mudah larut dalam air dibanding niasin. Kedua bentuk ini lebih stabil dalam keadaan kering. Nicotinamide dalam bentuk larut lebih mudah dihidrolisa menjadi bentuk niasin.

Absorpsi terjadi secara difusi sederhana dan difusi dengan fasilitasi. Setelah diabsorpsi niasin terdapat dalam darah dalam bentuk bebas. Apabila tidak dipergunakan untuk pembentukan NAD⁺ atau NADP⁺, akan segera dimetabolisir dan diekskresikan melalui ginjal. Niasin dapat dibentuk dari triptofan dengan perbandingan 60 mol triptofan untuk 1 mol niasin.

Fungsi utama vitamin ini adalah sebagai koenzim NAD⁺ dan NADP⁺. Kedua koenzim berperan pada pemeliharaan keadaan redoks dalam sel, dan lebih banyak berperan pada jalur-jalur katabolik, seperti pada jalur glikolisis atau *pentosa phosphate shunt*. Nicotinic acid dalam dosis sangat besar (1 gram/hari) dapat dipergunakan sebagai agen penurunan kadar lemak darah, namun memberi efek samping rasa panas terutama pada wajah karena efeknya pada tonus vaskuler.

Niasin banyak terdapat pada bahan makanan. Sumber yang baik adalah *whole grain* (biji-bijian utuh), roti, susu, telur, daging dan sayuran yang berwarna.

Efek Kekurangan dan Kelebihan Niasin

Kekurangan niasin telah dikenal sebagai pellagra yang ditandai oleh kulit yang menjadi kasar dan berwarna lebih gelap terutama pada daerah yang terkena sinar matahari. Selain itu terdapat gejala insomnia, kehilangan nafsu makan, berat badan menurun, rasa sakit di mulut dan lidah, diare, sakit perut, rasa terbakar di berbagai bagian tubuh, vertigo, sakit kepala, senewen, bingung. Gejala-gejala ini terutama berhubungan dengan defisiensi niasin pada susunan syaraf pusat. Setelah ditemukan niasin, defisiensi vitamin ini sangat jarang ditemukan kecuali pada kelompok yang mengalami gangguan genetik untuk transport triptofan, yaitu

penyakit yang disebut *Hartnup disease*. Bila diberi niasin, gejala seperti pada pellagra akan segera hilang.

Kelebihan niasin akan menimbulkan gejala sakit kepala, rasa terbakar di ulu hati, mual, lelah, sakit tenggorokan, rambut kering, dan kesulitan fokus pada mata.

Faktor yang Mempengaruhi Kebutuhan Niasin

Kebutuhan niasin sangat terkait pada kebutuhan energi, terutama asupan karbohidrat. Umur dan jenis kelamin juga berpengaruh pada jumlah kebutuhan.

Kebutuhan dan Kecukupan Niasin

Penentuan status niasin serta kebutuhan dan kecukupan niasin dapat dilakukan secara biokimia maupun klinis dari defisiensi niasin berupa pellagra. *Biochemical marker* yang dapat digunakan berupa *methylated metabolit* yang diekresikan melalui urin, rasio *2-pyridone* terhadap *N'-methyl-nicotiamide* dalam urin, dan *oral dose uptake test*. Kandungan niasin dalam ASI adalah sekitar 1,5 mg/l dan triptofan 210 mg/l, sehingga total kandungan niasin dalam ASI menjadi 5 mg NE/l atau 4 mg NE per 0,75 liter per hari (FAO/WHO, 2001).

V. ASAM FOLAT

Fungsi dan Sumber Asam Folat

Asam folat ditemukan lebih dari 50 tahun yang lalu sebagai zat yang diperlukan oleh semua sel hidup, baik hewan maupun tumbuhan. Asam folat mempunyai peran pada metabolisme tingkat seluler. Asam folat merupakan nama generik untuk zat-zat yang mempunyai aktivitas seperti *pteroyl monoglutamic acid*.

Asam folat tidak tahan cahaya ultraviolet, panas, oksigen, keadaan asam dan mineral divalent (valensi 2) seperti besi dan copper. Transport di dalam usus menggunakan *carrier*, prosesnya tergantung pada keasaman (pH). Transport maksimum terjadi setelah dekonjugasi ke dalam bentuk monoglutamat di jejunum. Absorpsi asam folat menggunakan *binding* protein yang spesifik untuk asam folat. Secara umum pada *brush border* mukosa usus terdapat *binding* protein yang bersifat *low affinity*. *Binding* protein dengan *high affinity* terdapat pada *brush border* sel di daerah jejunum. Absorpsi dapat juga terjadi secara difusi pasif, namun ini merupakan pilihan kedua. Hanya sangat sedikit asam folat terdapat di feses.

Asam folat terdapat di sirkulasi dalam bentuk plasma pteroylmono-glutamat. Asam folat yang tidak dipergunakan oleh sel akan di ekskresi oleh ginjal dan keluar bersama urin dalam bentuk *pteroyl glutamic acid*, *5 methyl pteroyl glutamic acid*,

10 *formyl tetra hydro* asam folat atau *acetamidobenzoilglutamat*. Up take oleh sel menggunakan *binding* protein yang sangat spesifik untuk asam folat.

Asam folat berfungsi sebagai koenzim pada transfer satu atom karbon. Sebelum berfungsi asam folat akan diaktifkan kedalam bentuk tetrahidroasam folat. Transfer satu atom karbon ini sangat penting pada sintesis purin dan pirimidin. Ketersediaan asam folat (bersama vitamin B12) sangat penting bagi pembaharuan sel/regenerasi sel.

Asam folat terdapat pada berbagai bahan makanan. Namun karena sangat tidak stabil, kandungan asam folat yang sebenarnya dari suatu bahan makanan sangat sulit diukur. Sumber yang baik termasuk daging, buah, sayuran terutama asparagus, berbagai kacang yang dikeringkan, dan *whole grain cereal product* (produk sereal/bijian utuh).

Efek Kekurangan dan Kelebihan Asam Folat

Anemia, dermatitis, dan gangguan pertumbuhan merupakan tanda defisiensi asam folat. Pada masa pertumbuhan embrionik, bila terjadi kekurangan asam folat (misal ibu hamil defisiensi asam folat) akan terjadi efek teratogenik, yaitu kegagalan penutupan *neural tube*, dan bayi lahir dengan kelainan seperti spina bifida atau gangguan *neural tube defects* (kelainan syaraf tulang belakang) yang lain. Pada tikus defisiensi asam folat akan menimbulkan putusnya DNA *strand*. Gejala lain defisiensi asam folat adalah lekopenia, lemah, depresi, dan *polyneuropathy*, yang mungkin berhubungan dengan interaksi asam folat-vitamin B12.

Kelebihan asam folat belum pernah dilaporkan, namun dari percobaan pemberian asam folat intravena dosis besar dilaporkan terjadi kejang. Walaupun belum pernah dilaporkan terjadinya toksisitas asam folat, namun adanya efek dosis tinggi yang tidak diharapkan, suplemen asam folat dosis tinggi tidak dianjurkan.

Faktor yang Mempengaruhi Kebutuhan Asam Folat

Defisiensi asam folat dapat memberi efek yang merugikan pada pertumbuhan janin, karenanya kebutuhan asam folat pada masa hamil perlu diperhatikan. Namun perlu diperhatikan bahwa status vitamin B12 adalah normal, karena asam folat yang berlebih dapat menutupi efek defisiensi vitamin B12, sampai gejala neurologik defisiensi vitamin B12 muncul. Perlu pertimbangan suplementasi asam folat-vitamin B12. Kandungan zat-zat yang menghambat absorpsi asam folat dalam bahan makanan perlu diperhatikan dalam menentukan jumlah asupan.

Kebutuhan dan Kecukupan Asam Folat

Kecukupan asam folat didefinisikan sebagai jumlah intik yang dibutuhkan untuk mencegah terjadinya defisiensi berat dengan disertai gejala klinis (FNB, 1989). Selanjutnya angka kecukupan asam folat diperkirakan didasarkan atas perkiraan rata-rata kecukupan (*EAR, Estimated Average Requirement*) yaitu jumlah asam folat yang diperlukan untuk memenuhi kecukupan 50% populasi. Selanjutnya dilakukan koreksi bagi ragam populasi. Rekomendasi untuk asam folat dinyatakan dalam *Dietary Asam Folate Equivalents (DFE)* karena asam folat sintetik memiliki bioavailabilitas yang lebih tinggi dibanding asam folat yang diperoleh secara alami dari makanan (IOM-FNB, 2000). Bioavailabilitas asam folat sintetik bila dikonsumsi dengan makanan adalah 85%, sedangkan bioavailabilitas asam folat yang terdapat secara alami dalam pangan adalah 50%.

VI. PIRIDOKSIN

Fungsi dan Sumber Piridoksin

Nama lain dari piridoksin adalah vitamin B6. Terdapat dalam tiga bentuk. Piridoksin adalah bentuk yang berasal dari tanaman, dua bentuk lain yang berasal dari jaringan hewani adalah piridoksal dan piridoksamina. Piridoksin yang berasal dari hewani lebih potensial sebagai faktor pertumbuhan bakteri dan sebagai prekursor koenzim *pyridoxal phosphate* dan *pyridoxamine phosphate*. Bentuk sintesis (komersial) biasanya adalah piridoksin hidroklorida.

Pada keadaan asam piridoksin tahan terhadap panas dan cahaya, tetapi tidak stabil dalam lingkungan basa atau netral. Bentuk aldehid lebih stabil dibanding bentuk yang lain. Pemanasan yang digunakan untuk mematikan bakteri/kuman patogen, atau untuk pengawetan akan menghilangkan aktivitas vitamin ini.

Absorpsi terjadi secara pasif dan secara difusi dengan fasilitasi. Setelah absorpsi akan dibawa oleh eritrosit/hemoglobin dan albumin ke seluruh sel tubuh. Jumlah yang cukup banyak terdapat pada hati, otak, limpa, ginjal, dan jantung, tetapi seperti vitamin larut air yang lain, tidak terdapat jaringan yang mengandung cadangan vitamin ini dalam tubuh. Tubuh harus memperoleh vitamin ini dari makanan sehari-hari. Piridoksal fosfat berfungsi sebagai koenzim pada reaksi dimana substratnya mengandung nitrogen (>100 reaksi). Terbesar adalah reaksi transaminasi. Piridoksal fosfat juga berperan pada sintesis neurotransmitter α -amino butyric acid (GABA), serotonin, dopamin, norepinephrine dan epinephrine. Selain itu piridoksin juga mempunyai peran pada sintesis hemoglobin. Dilaporkan

bahwa piridoksin juga mempunyai peran sebagai mediator fisiologis bagi fungsi hormon steroid, yakni sebagai *negative control* terhadap kerja hormon steroid.

Piridoksin terdapat pada banyak bahan makanan. Daging, sereal, kacang polong dan berbagai kacang lain, buah dan sayuran mengandung vitamin ini.

Efek Kekurangan dan Kelebihan Piridoksin

Tanda-tanda defisiensi piridoksin pada manusia tidak begitu spesifik. Gejala seperti lemah, mudah tersinggung, senewen, insomnia, dan kesulitan berjalan dapat timbul. *Cheilosis* muncul tetapi tidak sembuh dengan pemberian biotin atau riboflavin. Pada bayi, kekurangan piridoksin dapat menimbulkan kejang yang akan segera sembuh dengan pemberian piridoksin intra vena. Terjadi gangguan metabolisme triptofan yang menimbulkan gejala seperti pellagra. Disebutkan juga adanya perubahan perilaku termasuk depresi dan *irritability*. Dapat juga timbul anemia hipokromik sideroblastik. Intik tinggi protein dapat menimbulkan defisiensi piridoksin. Penggunaan obat yang bersifat anti piridoksin seperti isoniazid perlu diperhatikan penambahan piridoksin agar tidak terjadi defisiensi piridoksin.

Kelebihan piridoksin jarang terjadi. Gejala yang timbul adalah *sensory neuropathy* dan ataxia pada dosis yang sangat tinggi (1000 mg). Dilaporkan bahwa asupan 100 mg per hari tidak menimbulkan efek yang tidak diinginkan.

Faktor yang Mempengaruhi Kebutuhan Piridoksin

Kebutuhan piridoksin dipengaruhi oleh komposisi diet, umur, dan gender. Diet yang mengandung lebih banyak protein akan memerlukan lebih banyak piridoksin. Pada ibu hamil dan menyusui diperlukan tambahan. Pada wanita dilaporkan kebutuhan piridoksin lebih tinggi dibanding laki-laki. Dilaporkan kebutuhan piridoksin pada wanita tidak hamil adalah 0,02 mg per gram protein.

Kebutuhan dan Kecukupan Piridoksin

Status piridoksin (vitamin B6) dapat ditentukan secara langsung maupun tidak langsung. Secara langsung dilakukan dengan pengukuran konsentrasi piridoksin dalam plasma, sel darah merah, maupun urin. Sedangkan secara tidak langsung meliputi pengukuran PLP dalam plasma, sel darah merah, dan dalam darah; pengukuran *erythrocyte amino transferase activity*, ekskresi *tryptophan metabolites*; maupun pengukuran konsentrasi 4-pyridoxic acid dalam urin.

Sampai saat ini belum ada rekomendasi penggunaan indeks status piridoksin secara tunggal, sehingga sering digunakan dua ukuran atau lebih (Driskell, 1994). *Erythrocyte alanine aminotransferase (EALAT) activity coefficient* sering digunakan dalam penentuan status piridoksin jangka panjang.

Leklem (1990) menyarankan penggunaan PLP untuk penentuan status piridoksin, karena berkorelasi dengan konsumsi piridoksin pada manusia.

Penelitian status piridoksin pada anak sekolah di Indonesia menunjukkan bahwa dari anak yang diteliti 25% memiliki $PLP \leq 30 \text{ nmol/l}$ dan 30% memiliki $EALAT \text{ activity coefficient} \geq 1,25$; serta rata-rata konsumsi piridoksin sebesar 0,57 mg/hari (Setiawan *et al.*, 2000).

Rekomendasi untuk bayi didasarkan kandungan piridoksin dalam air susu ibu yaitu 0,13 mg/l, atau sebesar 0,1 mg piridoksin per 0,75 liter ASI per hari. Beberapa penelitian terhadap laki-laki dewasa menunjukkan bahwa normalisasi dengan *tryptophan load test* dibutuhkan 1-1,5 mg. Sedangkan penelitian pada remaja putri menunjukkan bahwa kecukupan piridoksin dapat diperkirakan berkisar antara 1-1,2 mg. Status piridoksin wanita hamil cenderung menurun terutama pada trisemester ke-3, sehingga untuk ibu hamil perlu tambahan kecukupan piridoksin sebesar 0,4 mg/hari. Sedangkan untuk ibu menyusui diperlukan tambahan 0,5 mg piridoksin yang ditransfer melalui ASI (FAO/WHO, 2001).

VII. VITAMIN B 12

Fungsi dan Sumber Vitamin B12

Vitamin B12 adalah vitamin yang masih termasuk baru ditemukan, dan diisolasi pada tahun 1948. Vitamin ini sangat *potent* dan sangat sedikit vitamin ini diperlukan tubuh, untuk mencegah gejala defisiensi, yakni anemia *perniciousa* dan gejala neurologis defisiensi vitamin B12.

Vitamin B12 adalah nama generik untuk komponen yang mempunyai struktur cincin corrin. Untuk dapat berfungsi aktif, vitamin B12 harus mengandung kobalt pada pusat cincin corrin. Vitamin B12 adalah kristal berwarna merah, tahan panas, rusak diatas temperatur 210°C , tidak tahan sinar ultraviolet, asam dan adanya metal seperti besi dan copper. Vitamin B12 sangat sulit diperiksa karena jumlahnya sangat sedikit dalam bahan makanan. Vitamin B12 dapat disintesa oleh bakteri usus.

Absorpsi vitamin B12 adalah kompleks. Proses absorpsi dimulai di lambung dimana *preformed* B12 terikat pada protein *carrier* (pembawa) yang disebut faktor intrinsik. Vitamin B12 yang disintesa flora usus juga terikat pada protein *carrier*. Tidak diketahui apakah *carrier* tersebut sama. Absorpsi di daerah distal ileum melalui *carrier*, walaupun mekanismenya belum jelas. Absorpsi vitamin B12 dapat juga terjadi di usus besar. Di dalam darah vitamin B12 terikat pada transport protein.

Vitamin B12 berfungsi sebagai koenzim pada reaksi yang memerlukan 5 *deoxyadenosine* atau berpartisipasi sebagai substrat pada reaksi metilasi untuk membentuk metilkobalamin. Vitamin B12 diperlukan untuk sintesis purin dan pirimidin (asam nukleat).

Vitamin B12 dapat disintesa oleh bakteri, fungi, dan alga. Tumbuh-tumbuhan yang spesiesnya lebih tinggi serta hewan tidak dapat mensintesa vitamin B12. Untuk manusia, vitamin B12 diperoleh dari makanan hewani.

Efek Kekurangan dan Kelebihan Vitamin B12

Defisiensi vitamin B12 akan menimbulkan anemia megaloblastik. Keadaan defisiensi vitamin B12 jarang terjadi karena hampir seluruh bahan makanan hewani mengandung vitamin B12, dan hanya sedikit sekali yang diperlukan tubuh. Defisiensi vitamin B12 biasanya timbul karena gangguan genetik pada sintesis faktor intrinsik. Gejala defisiensi vitamin B12 yang lain adalah hilangnya fungsi syaraf perasa di perifer. Fungsi vitamin B12 berkaitan erat dengan fungsi asam folat, sehingga defisiensi salah satu diantaranya akan menimbulkan gejala serupa atau pada tahap awal saling menutupi gejala yang timbul. Kelebihan vitamin B12 belum ditemukan dalam literatur.

Faktor yang Mempengaruhi Kebutuhan Vitamin B12

Vitamin B12 bersama asam folat merupakan substansi yang sangat penting pada regenerasi sel dan pertumbuhan jaringan. Karenanya kebutuhan pada masa pertumbuhan, hamil, menyusui, dan masa penyembuhan dari sakit perlu diperhatikan.

Kebutuhan dan Kecukupan Vitamin B12

Ada beberapa metode yang direkomendasikan dapat digunakan untuk memperkirakan kecukupan vitamin B12. Pengukuran tersebut diantaranya pengukuran konsentrasi vitamin B12 dalam serum atau plasma, pengukuran *hematologic*, konsentrasi serum *methyl malonic acid* (MMA) dan total konsentrasi homosistein, serta *transcobalamin*.

National Academy of Science (NAS) menetapkan angka kecukupan gizi (RNI, *Recommended Nutrient Intake*) berdasarkan perkiraan rata-rata kecukupan (EAR, *Estimated Average Requirement*) ditambah dua standar deviasi. Hal tersebut juga diadaptasi oleh kelompok ahli dari FAO/WHO (FAO/WHO, 2001).

VIII. VITAMIN C

Fungsi dan Sumber Vitamin C

Manusia dan beberapa hewan memerlukan vitamin C dari makanan karena tubuhnya tidak memiliki enzim L-gulono- α -lactone oxidase, yang diperlukan untuk sintesa vitamin C. Walaupun berbagai proses biologis dilaporkan dipengaruhi oleh asupan vitamin C dalam berbagai kadar, namun fungsi vitamin C dalam proses-proses tersebut sering belum diketahui dengan jelas. Vitamin C mungkin berperan sebagai kofaktor enzim monooksigenase dan dioksigenase, termasuk *prolyl* dan *lysyl hydroxylase* pada pembentukan jaringan kolagen (1). Selain itu, vitamin C juga mempunyai peran pada metaloenzim untuk pembentukan *norepinephrine*, *camitine*, *elastin* dan *nucleoside*. Tampaknya vitamin C bekerja sebagai pereduksi komponen metal yang diperlukan untuk aktivitas katalitik enzim terkait. Kemampuan mereduksi ini juga diduga berperan dalam membantu absorpsi zat besi, menghambat pembentukan nitrosamin, membantu metabolisme obat, respons imun, sintesis steroid anti inflamasi, dan penyembuhan luka. Peran-peran diatas menunjukkan bahwa vitamin C mempunyai fungsi sebagai antioksidan, walaupun beberapa efek hanya tampak pada dosis farmakologis.

Vitamin C, pada asupan normal dapat diabsorpsi sebesar 90–95%, transportasi dalam bentuk bebas di plasma dan mudah diambil oleh jaringan yang memerlukan. Absorpsi akan meningkat sampai dosis 150 mg per hari. Ekskresi melalui urin dalam bentuk metabolitnya yaitu asam oksalat (2). Asupan lebih dari 60 mg akan meningkatkan ekskresi bentuk vitamin C secara proporsional.

Sumber utama vitamin C adalah buah dan sayuran segar. Biasanya sumber vitamin C dikaitkan dengan jeruk walaupun buah yang lain juga merupakan sumber yang baik.

Efek Kekurangan dan Kelebihan Vitamin C

Kekurangan vitamin C yang berat akan mengakibatkan fungsinya pada sintesa kolagen terganggu dan akan tampak sebagai perdarahan terutama pada jaringan lunak, seperti gusi. Gejala ini disebut *scurvy*. Pada derajat yang lebih ringan, diduga kekurangan vitamin C berpengaruh pada sistem pertahanan tubuh dan kecepatan penyembuhan luka.

Asupan vitamin C yang lebih tinggi, seperti pada megadosis, merupakan penggunaan nutrien dengan tujuan terapi, dan tidak dianjurkan penggunaannya untuk membuat estimasi kebutuhan nutrien atau AKG. Banyak klaim kesehatan yang dilakukan tidak berdasarkan studi dengan desain yang baik, yakni

randomized controlled trial (percobaan acak terkontrol). Asupan vitamin C dalam bentuk makanan (buah dan sayur) dilaporkan dapat menurunkan insiden kanker, namun sayur dan buah juga mengandung berbagai zat lain yang dapat menurunkan insiden kanker seperti serat dan antioksidan lain.

Asupan vitamin C yang tinggi dilaporkan meningkatkan risiko timbulnya batu ginjal karena meningkatnya produksi oksalat, *rebound scurvy* akibat penurunan yang mendadak. Dosis tinggi juga dilaporkan mengakibatkan gangguan lambung dan diare pada beberapa individu.

Faktor yang Mempengaruhi Kebutuhan Vitamin C

Dalam menetapkan AKG perlu diketahui jumlah cadangan dalam tubuh yang dapat memelihara fungsi vitamin C dan laju *turn over* yang terjadi. Cadangan sebesar 1500 mg merupakan jumlah maksimum yang dapat dimetabolisir di jaringan tubuh, dan dapat mencerminkan aktivitas fisiologis yang optimal. Dengan jumlah cadangan yang demikian, maka perkiraan *turn over* vitamin C adalah 60 mg per hari. Dengan memperhitungkan kemampuan absorpsi maka jumlah yang dianjurkan adalah 70-75 mg, yang mungkin bisa meningkat untuk beberapa individu sampai 100 mg.

Untuk ibu hamil dan menyusui, perlu diperhatikan kebutuhan janin dalam kandungan ataupun bayi yang menyusui. Penambahan pada ibu hamil harus memperhatikan peningkatan kebutuhan ibu dan kebutuhan janin yang dikandungnya. Untuk ibu menyusui, hendaknya disesuaikan dengan produksi ASI dan kandungan vitamin C dalam ASI serta intik bayi yang mendapat ASI eksklusif.

Selain hal diatas, perlu diperhatikan bahan makanan sumber vitamin C yang tersedia di pasar, cara pengolahan yang umum di suatu wilayah, karena vitamin C merupakan vitamin yang paling labil dan mudah rusak.

Kebutuhan dan Kecukupan Vitamin C

Sebelumnya, penentuan kebutuhan vitamin C diperkirakan dalam jumlah yang dapat mencegah terjadinya *scurvy*. Jumlah yang dapat dimetabolisir oleh tubuh, serta jumlah yang dapat memelihara simpanan vitamin C yang cukup (Levine *et al.*, 1996). Sekarang yang dianggap sebagai indikator kecukupan vitamin C yang terbaik adalah *near maximal neutrophil ascorbate concentration*. Indikator lain yang dapat digunakan adalah *biomarker* oksidasi lemak, fungsi *vascular*, fungsi antioksidan dalam leukosit, proteksi terhadap *oxidative stress*, *markers* kerusakan DNA, parameter yang berkaitan dengan respon imun, fungsi

kognitif dan daya ingat, serta kaitannya dengan penyakit degeneratif kronis seperti kanker dan penyakit jantung (IOM-FNB, 2000).

Rekomendasi untuk bayi didasarkan kandungan vitamin C dalam air susu ibu yaitu 40 mg/l, atau sebesar 30 mg vitamin C per 0,75 liter ASI per hari. Penentuan rata-rata intik vitamin C didasarkan kandungan vitamin C dalam tubuh sebesar 900 mg, efisiensi absorpsi 85%, dan *catabolic rate* 2,9 sehingga dibulatkan menjadi 30 mg per hari. Sebanyak 8 mg vitamin C per hari dilaporkan dapat mencegah defisiensi vitamin C pada bayi berumur 4-17 bulan, sehingga selama kehamilan diperlukan tambahan sebanyak 10 mg/hari. Angka kecukupan untuk ibu menyusui ditetapkan sebesar 70 mg untuk memenuhi ibu maupun bayinya (FAO/WHO, 2001).

IX. TOLERABLE UPPER INTAKE LEVEL VITAMIN LARUT AIR

Untuk membatasi intik konsumsi vitamin larut air secara berlebihan yang dapat berakibat merugikan kesehatan, *Food and Nutrition Board-Institute of Medicine* (FNB-IOM) telah menetapkan *Tolerable Upper Intake level* (UL) untuk beberapa jenis vitamin larut air, diantaranya : niasin, piridoksin, asam folat, dan vitamin C. Untuk vitamin larut air lainnya belum didapat informasi.

Tabel 1. *Tolerable Upper Intake Levels (UL)* beberapa Vitamin Larut Air (IOM, 2000)

Kelompok Umur	Niasin (mg/hari)	Piridoksin (mg/hari)	Asam Folat (mcg/hari)	Vitamin C (mg/hari)
Anak				
1-3 thn	10	30	300	400
4-8 thn	15	40	400	650
Pria/Wanita				
9-13 thn	20	60	600	1200
14-18 thn	30	80	800	1800
19-70 thn	35	100	1000	2000
> 70 thn	35	100	1000	2000
Ibu Hamil				
≤ 18 thn	30	80	800	1800
19-50 thn	35	100	1000	2000
Ibu Menyusui				
≤ 18 thn	30	80	800	1800
19-50 thn	35	100	1000	2000

X. REKOMENDASI KECUKUPAN VITAMIN LARUT AIR

Rekomendasi Kecukupan Tiamin

Rekomendasi angka kecukupan tiamin dari berbagai sumber dapat dilihat pada Tabel 2. Dari tabel tersebut terlihat bahwa AKG 1998 tidak begitu banyak berbeda dengan DRI (FNB-IOM, 2000) maupun RNI (FAO/WHO, 2001). Mengingat penelitian lokal di Indonesia tentang kebutuhan dan kecukupan tiamin belum dilakukan, maka penentuan AKG tiamin 2004 didasarkan pada dua sumber utama di atas dan AKG 1998 serta perhitungan angka kecukupan energi 2004 (Hardinsyah, 2004) yaitu sebesar 0,5 mg/1000 Kal.

Tabel 2. Berbagai Angka Kecukupan Tiamin (mg/hari)

Kelompok Umur	WNPG 1998	IOM 2000	FAO/WHO 2001	FNRI 2002	AKG 2004
Anak					
0-6 bln	0,3	0,2	0,2	0,2	0,3
7-11 bln	0,4	0,3	0,3	0,4	0,4
1-3 thn	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
4-6 thn	0,8	0,6	0,6	0,6	0,8
7-9 thn	1,0	0,7	0,9	0,7	0,9
Pria					
10-12 thn	1,0	0,9	1,2	0,9	1,0
13-15 thn	1,0	1,1	1,2	1,2	1,2
16-18 thn	1,0	1,2	1,2	1,4	1,3
19-29 thn	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
30-49 thn	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
50-64 thn	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
65+ thn	1,0	1,2	1,2	1,2	1,0
Wanita					
10-12 thn	1,0	0,9	1,1	0,9	1,0
13-15 thn	1,0	1,0	1,1	1,0	1,1
16-18 thn	1,0	1,0	1,1	1,1	1,1
19-29 thn	1,0	1,1	1,1	1,1	1,0
30-49 thn	1,0	1,1	1,1	1,1	1,0
50-64 thn	1,0	1,1	1,1	1,1	1,0
65+ thn	1,0	1,1	1,1	1,1	1,0
+an bagi Ibu Hamil					
Trimester 1	+ 0,2	+ 0,3	+ 0,3	+ 0,3	+ 0,3
Trimester 2	+ 0,2	+ 0,3	+ 0,3	+ 0,3	+ 0,3
Trimester 3	+ 0,2	+ 0,3	+ 0,3	+ 0,3	+ 0,3
+an bagi Ibu Menyusui					
6 bln pertama	+ 0,3	+ 0,3	+ 0,4	+ 0,4	+ 0,3
6 bln kedua	+ 0,3	+ 0,3	+ 0,4	+ 0,4	+ 0,3

Rekomendasi Kecukupan Riboflavin

Rekomendasi angka kecukupan riboflavin dari berbagai sumber dapat dilihat pada Tabel 3. Dari Tabel tersebut terlihat bahwa AKG 1998 pada umumnya hampir sama dengan DRI (FNB-IOM, 2000) maupun RNI (FAO/WHO, 2001). Mengingat penelitian lokal di Indonesia tentang kebutuhan dan kecukupan riboflavin belum dilakukan, maka penentuan AKG riboflavin 2004 didasarkan pada dua sumber utama di atas serta AKG 1998.

Tabel 3. Berbagai Angka Kecukupan Riboflavin (mg/Hari)

Kelompok Umur	WNPG 1998	IOM 2000	FAO/WHO 2001	FNRI 2002	AKG 2004
Anak					
0-6 bln	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
7-11 bln	0,5	0,4	0,4	0,4	0,4
1-3 thn	0,6	0,5	0,5	0,5	0,5
4-6 thn	1,0	0,6	0,6	0,6	0,6
7-9 thn	1,0	0,7	0,9	0,7	0,9
Pria					
10-12 thn	1,0	0,9	1,3	1,0	1,0
13-15 thn	1,2	1,1	1,3	1,3	1,2
16-18 thn	1,3	1,3	1,3	1,5	1,3
19-29 thn	1,5	1,3	1,3	1,3	1,3
30-49 thn	1,5	1,3	1,3	1,3	1,3
50-64 thn	1,5	1,3	1,3	1,3	1,3
65+ thn	1,2	1,3	1,3	1,3	1,3
Wanita					
10-12 thn	1,0	0,9	1,0	0,9	1,0
13-15 thn	1,2	1,0	1,0	1,0	1,0
16-18 thn	1,0	1,0	1,0	1,1	1,0
19-29 thn	1,2	1,1	1,1	1,1	1,1
30-49 thn	1,2	1,1	1,1	1,1	1,1
50-64 thn	1,2	1,1	1,1	1,1	1,1
65+ thn	1,0	1,1	1,1	1,1	1,1
+an bagi Ibu Hamil					
Trimester 1	+ 0,2	+ 0,3	+ 0,3	+ 0,6	+ 0,3
Trimester 2	+ 0,2	+ 0,3	+ 0,3	+ 0,6	+ 0,3
Trimester 2	+ 0,2	+ 0,3	+ 0,3	+ 0,6	+ 0,3
+an bagi Ibu Menyusui					
6 bln pertama	+ 0,4	+ 0,5	+ 0,4	+ 0,6	+ 0,4
6 bln kedua	+ 0,4	+ 0,5	+ 0,4	+ 0,6	+ 0,4

Rekomendasi Kecukupan Niasin

Rekomendasi angka kecukupan niasin dari berbagai sumber dapat dilihat pada Tabel 4. Dari tabel tersebut terlihat bahwa AKG 1998 untuk niasin relatif lebih rendah dibandingkan dengan DRI (FNB-IOM, 2000) maupun RNI (FAO/WHO, 2001). Disamping itu RNI (FAO/WHO, 2001) menggunakan satuan yang berbeda yaitu *niacin equivalent* (NE) dengan mempertimbangkan niasin yang berasal dari triptofan (1/60) dan setiap gram protein diperkirakan mengandung 1% triptofan. Namun berdasarkan kesepakatan harmonisasi AKG Asia Tenggara, satuan yang digunakan adalah mg dengan pembulatan. Mengingat penelitian lokal di Indonesia tentang kebutuhan dan kecukupan niasin belum dilakukan, maka penentuan AKG niasin 2004 didasarkan kepada DRI (FNB-IOM, 2000).

Tabel 4. Berbagai Angka Kecukupan Niasin (mg/hari)

Kelompok Umur	WNPB 1998	IOM 2000	FAO/WHO 2001	FNRI 2002	AKG 2004
Anak					
0-6 bln	2,5	2	2	1,5	2
7-11 bln	3,8	4	4	5	4
1-3 thn	5,4	6	6	6	6
4-6 thn	8	8	8	7	8
7-9 thn	9	10	12	9	10
Pria					
10-12 thn	9	12	16	12	12
13-15 thn	10	14	16	16	14
16-18 thn	11	16	16	16	16
19-29 thn	12	16	16	16	16
30-49 thn	12	16	16	16	16
50-64 thn	12	16	16	16	16
65+ thn	10	16	16	16	16
Wanita					
10-12 thn	8	12	16	12	12
13-15 thn	10	13	16	14	13
16-18 thn	10	14	16	14	14
19-29 thn	9	14	14	14	14
30-49 thn	9	14	14	14	14
50-64 thn	9	14	14	14	14
65+ thn	8	14	14	14	14
+an bagi Ibu Hamil					
Trimester 1	+ 1	+ 4	+ 4	+ 4	+ 4
Trimester 2	+ 1	+ 4	+ 4	+ 4	+ 4
Trimester 3	+ 1	+ 4	+ 4	+ 4	+ 4
+an bagi Ibu Menyusui					
6 bln pertama	+ 3	+ 3	+ 3	+ 3	+ 3
6 bln kedua	+ 3	+ 3	+ 3	+ 3	+ 3

Rekomendasi Kecukupan Asam Folat

Rekomendasi angka kecukupan folat dari berbagai sumber dapat dilihat pada Tabel 5. Dari tabel tersebut terlihat bahwa AKG 1998 kurang dari separuh nilai yang ada pada DRI (FNB-IOM, 2000) maupun RNI (FAO/WHO, 2001). Mengingat penelitian lokal di Indonesia tentang kebutuhan dan kecukupan asam folat belum dilakukan, maka penentuan AKG asam folat 2004 didasarkan kepada DRI (FNB-IOM, 2000) dan RNI (FAO/WHO, 2001) serta mempertimbangkan bioavailabilitas asam folat yang terdapat secara alami dalam pangan sebesar 50%.

Tabel 5. Berbagai Angka Kecukupan Asam Folat (mcg/hari)

Kelompok Umur	WNPG 1998	IOM 2000	FAO/WHO 2001	FNRI 2002	AKG 2004
Anak					
0-6 bln	22	65	80	65	65
7-11 bln	32	80	80	80	80
1-3 thn	40	150	160	160	150
4-6 thn	60	200	200	200	200
7-9 thn	80	200	330	300	200
Pria					
10-12 thn	90	300	400	400	300
13-15 thn	125	400	400	400	400
16-18 thn	165	400	400	400	400
19-29 thn	170	400	400	400	400
30-49 thn	170	400	400	400	400
50-64 thn	170	400	400	400	400
65+ thn	170	400	400	400	400
Wanita					
10-12 thn	100	300	400	400	300
13-15 thn	130	400	400	400	400
16-18 thn	150	400	400	400	400
19-29 thn	150	400	400	400	400
30-49 thn	150	400	400	400	400
50-64 thn	150	400	400	400	400
65+ thn	150	400	400	400	400
+an bagi Ibu Hamil					
Trimester 1	+ 50	+ 200	+ 200	+ 200	+ 200
Trimester 2	+ 50	+ 200	+ 200	+ 200	+ 200
Trimester 3	+ 50	+ 200	+ 200	+ 200	+ 200
+an bagi Ibu Menyusui					
6 bln pertama	+ 50	+ 100	+ 100	+ 100	+ 100
6 bln kedua	+ 50	+ 100	+ 100	+ 100	+ 100

Rekomendasi Kecukupan Piridoksin

Rekomendasi angka kecukupan piridoksin dari berbagai sumber dapat dilihat pada Tabel 6. Dari tabel tersebut terlihat bahwa AKG 1998 hampir dua kali lipat dibanding DRI (FNB-IOM, 2000) maupun RNI (FAO/WHO, 2001). Hal ini dimungkinkan berdasarkan pertimbangan bahwa bioavailabilitas piridoksin yang berasal dari pangan nabati hanya berkisar antara 50-58%, sedangkan diet campuran pangan hewani dan nabati sekitar 75%. Namun penelitian pada anak umur 8-9 tahun di Indonesia menunjukkan bahwa rata-rata konsumsi piridoksin hanya 0,57 mg/hari didasarkan pada analisis pangan dan 0,97 bila menggunakan *database* USDA. Mengingat penelitian lokal di Indonesia tentang kebutuhan dan kecukupan piridoksin masih sangat kurang, maka penentuan AKG piridoksin 2004 didasarkan kepada DRI (FNB-IOM, 2000) dan RNI (FAO/WHO, 2001).

Tabel 6. Berbagai Angka Kecukupan Piridoksin (mg/hari)

Kelompok Umur	WNPG 1998	IOM 2000	FAO/WHO 2001	FNRI 2002	AKG 2004
Anak					
0-6 bln	0,3	0,1	0,1	0,1	0,1
7-11 bln	0,6	0,3	0,3	0,3	0,3
1-3 thn	1,0	0,5	0,5	0,5	0,5
4-6 thn	1,1	0,6	0,6	0,6	0,6
7-9 thn	1,4	1,0	1,0	1,0	1,0
Pria					
10-12 thn	1,7	1,0	1,3	1,3	1,3
13-15 thn	2,0	1,3	1,3	1,3	1,3
16-18 thn	2,0	1,3	1,3	1,3	1,3
19-29 thn	2,0	1,3	1,3	1,3	1,3
30-49 thn	2,0	1,3	1,3	1,3	1,3
50-64 thn	2,0	1,7	1,7	1,7	1,7
65+ thn	2,0	1,7	1,7	1,7	1,7
Wanita					
10-12 thn	1,4	1,0	1,2	1,2	1,2
13-15 thn	1,5	1,2	1,2	1,2	1,2
16-18 thn	1,6	1,2	1,2	1,2	1,2
19-29 thn	1,6	1,3	1,3	1,3	1,3
30-49 thn	1,6	1,3	1,3	1,3	1,3
50-64 thn	1,6	1,5	1,5	1,5	1,5
65+ thn	1,6	1,5	1,5	1,5	1,5
+an bagi Ibu Hamil					
Trimester 1	+ 0,6	+ 0,4	+ 0,4	+ 0,4	+ 0,4
Trimester 2	+ 0,6	+ 0,4	+ 0,4	+ 0,4	+ 0,4
Trimester 3	+ 0,6	+ 0,4	+ 0,4	+ 0,4	+ 0,4
+an bagi Ibu Menyusui					
6 bln pertama	+ 0,5	+ 0,5	+ 0,5	+ 0,5	+ 0,5
6 bln kedua	+ 0,5	+ 0,5	+ 0,5	+ 0,5	+ 0,5

Rekomendasi Kecukupan Vitamin B12

Rekomendasi angka kecukupan Vitamin B12 dari berbagai sumber dapat dilihat pada Tabel 7 berikut.

Tabel 7. Berbagai Angka Kecukupan Vitamin B12 (mcg/hari)

Kelompok Umur	WNPG 1998	IOM 2000	FAO/WHO 2001	FNRI 2002	AKG 2004
Anak					
0-6 bln	0,1	0,4	0,4	0,3	0,4
7-11 bln	0,1	0,5	0,5	0,5	0,5
1-3 thn	0,5	0,9	0,9	0,9	0,9
4-6 thn	0,7	1,2	1,2	1,2	1,2
7-9 thn	0,9	1,5	1,8	1,8	1,5
Pria					
10-12 thn	1,0	1,8	2,4	2,4	1,8
13-15 thn	1,0	2,4	2,4	2,4	2,4
16-18 thn	1,0	2,4	2,4	2,4	2,4
19-29 thn	1,0	2,4	2,4	2,4	2,4
30-49 thn	1,0	2,4	2,4	2,4	2,4
50-64 thn	1,0	2,4	2,4	2,4	2,4
65+ thn	1,0	2,4	2,4	2,4	2,4
Wanita					
10-12 thn	1,0	1,8	2,4	2,4	1,8
13-15 thn	1,0	2,4	2,4	2,4	2,4
16-18 thn	1,0	2,4	2,4	2,4	2,4
19-29 thn	1,0	2,4	2,4	2,4	2,4
30-49 thn	1,0	2,4	2,4	2,4	2,4
50-64 thn	1,0	2,4	2,4	2,4	2,4
65+ thn	1,0	2,4	2,4	2,4	2,4
+an bagi Ibu Hamil					
Trimester 1	+ 0,3	+ 0,2	+ 0,2	+ 0,2	+ 0,2
Trimester 2	+ 0,3	+ 0,2	+ 0,2	+ 0,2	+ 0,2
Trimester 3	+ 0,3	+ 0,2	+ 0,2	+ 0,2	+ 0,2
+an bagi Ibu Menyusui					
6 bln pertama	+ 0,3	+ 0,4	+ 0,4	+ 0,4	+ 0,4
6 bln kedua	+ 0,3	+ 0,4	+ 0,4	+ 0,4	+ 0,4

Dari tabel tersebut terlihat bahwa AKG 1998 kurang dari separuh dibanding DRI (FNB-IOM, 2000) maupun RNI (FAO/WHO, 2001). Mengingat penelitian lokal di Indonesia tentang kebutuhan dan kecukupan vitamin B12 masih sangat kurang, maka penentuan AKG vitamin B12 tahun 2004 didasarkan kepada DRI (FNB-IOM, 2000) dan RNI (FAO/WHO, 2001).

Rekomendasi Kecukupan Vitamin C

Rekomendasi angka kecukupan tiamin dari berbagai sumber dapat dilihat pada Tabel 8. Dari tabel tersebut terlihat bahwa AKG 1998 berada di antara F (FAO/WHO, 2001) dengan DRI (FNB-IOM, 2000). Sehingga AKG 2004 untuk vitamin C dibuat lebih tinggi dari AKG 1998 (WNPG, 1998) mengingat pentingnya vitamin C untuk menjaga kesehatan yang optimum (*optimum health*), disamping untuk meningkatkan penyerapan besi kaitannya dengan anemia. Adanya peningkatan kecukupan ini tidak akan terlalu sulit untuk dicapai, bahkan ada kecenderungan sebagian masyarakat terutama di perkotaan untuk mengonsumsi vitamin C dalam jumlah yang berlebihan. Namun demikian perlu diperhatikan batas atas (UL, *Tolerable Upper Intake Level*) untuk vitamin C.

Tabel 8. Berbagai Angka Kecukupan Vitamin C (mg/hari)

Kelompok Umur	WNPG 1998	IOM 2000	FAO/WHO 2001	FNRI 2002	AKG 2004
Anak					
0-6 bln	30	40	25	30	40
7-11 bln	35	50	30	30	40
1-3 thn	40	15	30	30	40
4-6 thn	45	25	30	30	45
7-9 thn	45	35	35	30	45
Pria					
10-12 thn	50	45	40	45	50
13-15 thn	60	75	40	65	75
16-18 thn	60	90	40	75	90
19-29 thn	60	90	45	75	90
30-49 thn	60	90	45	75	90
50-64 thn	60	90	45	75	90
65+ thn	60	90	45	75	90
Wanita					
10-12 thn	50	45	40	45	50
13-15 thn	60	65	40	65	65
16-18 thn	60	75	40	70	75
19-29 thn	60	75	45	70	75
30-49 thn	60	75	45	70	75
50-64 thn	60	75	45	70	75
65+ thn	60	75	45	70	75
+an bagi Ibu Hamil					
Trimester 1	+ 10	+ 10	+ 10	+ 10	+ 10
Trimester 2	+ 10	+ 10	+ 10	+ 10	+ 10
Trimester 3	+ 10	+ 10	+ 10	+ 10	+ 10
+an bagi Ibu Menyusui					
6 bln pertama	+ 25	+ 45	+ 25	+ 35	+ 25
6 bln kedua	+ 10	+ 45	+ 25	+ 35	+ 25

Tabel 9. Angka Kecukupan Vitamin Larut Air

Kelompok Umur	Tiamin (mg)	Riboflavin (mg)	Niasin (mg)	Asam Folat (mcg)	Piridoksin (mg)	Vit. B12 (mcg)	Vit. C (mg)
Anak							
0-6 bln	0,3	0,3	2	65	0,1	0,4	40
7-11 bln	0,4	0,4	4	80	0,3	0,5	40
1-3 thn	0,5	0,5	6	150	0,5	0,9	40
4-6 thn	0,8	0,6	8	200	0,6	1,2	45
7-9 thn	0,9	0,9	10	200	1,0	1,5	45
Pria							
10-12 thn	1,0	1,0	12	300	1,3	1,8	50
13-15 thn	1,2	1,2	14	400	1,3	2,4	75
16-18 thn	1,3	1,3	16	400	1,3	2,4	90
19-29 thn	1,2	1,3	16	400	1,3	2,4	90
30-49 thn	1,2	1,3	16	400	1,3	2,4	90
50-64 thn	1,2	1,3	16	400	1,7	2,4	90
65+ thn	1,0	1,3	16	400	1,7	2,4	90
Wanita							
10-12 thn	1,0	1,0	12	300	1,2	1,8	50
13-15 thn	1,1	1,0	13	400	1,2	2,4	65
16-18 thn	1,1	1,0	14	400	1,2	2,4	75
19-29 thn	1,0	1,1	14	400	1,3	2,4	75
30-49 thn	1,0	1,1	14	400	1,3	2,4	75
50-64 thn	1,0	1,1	14	400	1,5	2,4	75
65+ thn	1,0	1,1	14	400	1,5	2,4	75
+an bagi Ibu Hamil							
Trimester 1	+ 0,3	+ 0,3	+ 4	+ 200	+ 0,4	+ 0,2	+ 10
Trimester 2	+ 0,3	+ 0,3	+ 4	+ 200	+ 0,4	+ 0,2	+ 10
Trimester 3	+ 0,3	+ 0,3	+ 4	+ 200	+ 0,4	+ 0,2	+ 10
+an bagi Ibu Menyusui							
6 bln pertama	+ 0,3	+ 0,4	+ 3	+ 100	+ 0,5	+ 0,4	+ 25
6 bln kedua	+ 0,3	+ 0,4	+ 3	+ 100	+ 0,5	+ 0,4	+ 25

VIII. RISET MASA MENDATANG

Penelitian mengenai kecukupan berbagai vitamin larut air di Indonesia masih belum dilakukan, bahkan rata-rata tingkat konsumsi berbagai vitamin larut air secara nasional juga belum diketahui. Sehingga di masa mendatang perlu dilakukan penelitian untuk mengetahui rata-rata tingkat konsumsi berbagai vitamin larut air yang didukung dengan daftar komposisi makanan yang lebih lengkap, akurat dan mutakhir. Penentuan kebutuhan dan kecukupan berbagai vitamin larut air masih didasarkan kepada penelitian di luar negeri, sehingga penelitian yang berkaitan dengan penentuan kebutuhan dan kecukupan berbagai vitamin larut air bagi orang Indonesia di masa mendatang perlu dilakukan.

IX. DAFTAR PUSTAKA

- Boisvert, W.A., Mendoza I, Castaneda C, DePortocarreroL, Solomon N.M Gershoff S.N, & Russell R.M. 1993. *Riboflavin requirement of healthy elder humans and its relationship to macronutrient composition of the diet*. J Nut 123, 915-25.
- Driskell, J.A. 1994. *Piridoksin requirements of humans*. Nutr Res. 14, 293-324.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations/World Health Organization (FAO/WHO). 2001. *Human Vitamin and Mineral Requirements*. FAO Roma.
- Gregory, J.F. 1997. *Bioavailability of thiamin*. Euro J Clin Nutr. 51 (Suppl 1), 534-537.
- Institute of Medicine, Food and Nutrition Board (IOM-FNB). 2000. *Dietary Reference Intakes*. National Academy Press. Washington D.C.
- Food and Nutrition Research Institute, Departement of Science and Technology (FNRI-DOST). 2002. *Recommended Energy and Nutrient Intakes*. FNRI-DOST. Philippines.
- Leklem, J.E. 1990. *Piridoksin: A status report*. J Nutr. 120, 1503-1507.
- Levine, M., Rumsey S.C., Wang Y., Park J.B., Kwon O., Xu W. & Amano N. 1996. Vitamin C. dalam Ziegler E.E & Filer L.J Jr. *Present Knowledge in Nutrition*. 7th ed. Intl Life Sciences Institute. Whasington DC.
- Machlin, L.J. (ed). 1991. *Handbook of Vitamin: Second Edition, Revised and Expanded*. Marcel Dekker, Inc. New York.
- Manore, M.M. 2000. *Effect of physical activity on thiamin, riboflavin and piridoksin requirements*. Am J Clin Nutr. 72 (suppl), 598S-606S.
- National Research Council. 1989. *Recommended Dietary Allowances*. 10th Edition. National Academy Press. Washington D.C.
- Rindi, G. 1996. Thiamin. Dalam: Ziegler EE and Filer LJ Jr, (ed). *Present Knowledge in Nutrition*. 7th ed. International Life Sciences Institute. Washington DC.
- Roughead Z.K. & Mc. Cormick DB. 1991. *Urinary riboflavin and its metabolites: effects of riboflavin supplementation in healthy residents of rural Georgia*. Eur J Clin Nutr. 45, 299-307.

- Setiawan, B., D.W. Giraud & J.A. Driskell. 2000. *Food sources of piridoksin of a group of Indonesian children*. J of Food Quality. 23, 293-304.
- Setiawan, B., D.W. Giraud, & J.A. Driskell. 2000. *Piridoksin inadequacy is prevalent in rural and urban Indonesian children*. J Nutr. 130, 553-558.