

PERAN ASAM FITAT SEBAGAI ANTIOKSIDAN

Sri Raharjo *)

Abstract

In the past half-century we have been led to believe that phytic acid reduced the bioavailability of dietary minerals. Not surprisingly, therefore, phytic acid is considered as an anti-nutrient. Consequently, tremendous efforts have been devoted to reduce or eliminate its presence in foods. Results of various studies on phytate, however, also suggest that it may also have antioxidative properties. The unique structure of phytic acid suggests tremendous chelation potential for iron. Phytic acid is one of rare chelators which maintains the solubility of chelated iron and at the same time it makes the iron totally unreactive. Due to its ability to uniquely chelate iron it suppresses iron-catalyzed oxidative reactions and may serve as a potent antioxidant function. This antioxidative effect was found to be useful for protection against damage in biomaterials.

Pendahuluan

Biji-bijian dari tanaman tertentu masih bisa berkecambah meskipun sudah berusia ratusan tahun (Ohlrogge and Kernan, 1982). Berbagai faktor yang menyebabkan biji bisa mempertahankan diri untuk tetap hidup hingga ratusan tahun masih banyak yang belum diketahui. Kemampuannya untuk mempertahankan diri tersebut makin sulit untuk dipahami mengingat dalam biji banyak terkandung asam lemak tidak jenuh, zat besi, dan oksigen. Oleh karena itu diduga elemen-elemen lain terdapat dalam biji yang bekerjasama mencegah kerusakan oksidatif yang berakibat menurunkan kemampuan berkecambah.

Salah satu perlindungan terhadap kerusakan oksidatif disebabkan oleh rendahnya kadar air pada biji kering selama penyimpanan. Rendahnya kadar air ini menurunkan laju reaksi antar reaktan dan katalis. Apabila selama penyimpanan terjadi kenaikan kelembaban udara yang dapat menyebabkan kenaikan kadar air biji yang selanjutnya mengakibatkan reaksi-reaksi menuju kerusakan oksidatif terjadi. Kerusakan oksidatif pada taraf tertentu bisa mengurangi kemampuan biji untuk tetap

hidup (Ohlrogge and Kernan, 1982). Perlindungan yang lain terhadap viabilitas biji disumbangkan oleh senyawa antioksidan seperti α -tokoferol dan berbagai senyawa fenolik yang terdapat dalam biji (Tiga et al., 1984).

Salah satu bentuk perlindungan untuk memperpanjang viabilitas biji diduga bisa juga diperankan oleh asam fitat yang mampu mengikat zat besi. Hipotesa ini dibuat berdasarkan kemampuan asam fitat untuk menjaga zat besi tetap dalam bentuk Fe^{3+} dan menghalangi pembentukan hidroksil radikal ataupun oksigen reaktif dengan cara berikatan dengan seluruh posisi koordinat yang ada pada zat besi (Graf, 1983a; Graf et al., 1984; Graf et al., 1987). Tujuan dari penulisan review ini untuk mengkaji publikasi hasil penelitian terdahulu tentang peran asam fitat sebagai antioksidan serta mengkaji potensinya untuk mencegah terjadinya berbagai penyakit degeneratif. Pembahasan ini diharapkan bisa memberikan informasi yang seimbang tentang peran asam fitat yang selama lima puluh tahun terakhir lebih dikenal sebagai senyawa antigizi.

Kandungan Asam Fitat Dalam Makanan

Asam fitat atau asam mioinositol heksafosfat merupakan senyawa yang banyak dijumpai pada beberapa komponen tanaman sereal, kacang-kacangan, dan bijian berminyak yang kadarnya bisa mencapai 5 % (b/b) (Tabel 1). Asam fitat merupakan tempat penyimpanan sebagian besar (60-90 %) fosfor yang terdapat pada berbagai bijian. Biasanya asam fitat banyak terdapat pada lapisan aleuron dalam bentuk garam kalsium, magnesium maupun kalium (Lott and Ockenden, 1986). Pada waktu lampau asam fitat diketahui perannya pada bijian sebagai tempat penyimpanan kation (Williams, 1970) dan fosfor (Asada et al., 1969), pembentuk bahan penyusun dinding sel (Scott and Loewus, 1986), dan sumber senyawa berenergi yang potensial (Biswas, 1978). Berkaitan dengan hipotesa bahwa asam fitat bisa berfungsi sebagai antioksidan maka asam fitat diduga juga berperan untuk melindungi biji terhadap dampak negatif dari reaksi oksidatif yang melibatkan oksigen dan zat besi.

Banyak penelitian tentang kandungan asam fitat yang telah dilakukan pada kacang kedelai. Kadar asam fitat pada kedelai berbeda untuk varietas yang berbeda, namun

*) Staf. Pengajar Fakultas Teknologi Pertanian UGM

sebagian besar berkisar 1,0 - 2,3 (b/b) (Tabel 2). Produk kedelai yang berupa tepung, tepung bebas lemak, konsentrat protein, dan isolat protein tidak banyak memiliki perbedaan yaitu berkisar 1 - 2 % (b/b). Setelah kedelai diolah lebih lanjut menjadi produk makanan seperti susu kedelai, tahu, maupun tempe maka kadarnya masih berkisar 0,5 - 2,9 % (b/b) (Tabel 3). Hal ini menunjukkan bahwa proses pengolahan pada produk kedelai non-fermentasi tidak mempengaruhi kadar asam fitatnya, hanya pada produk hasil fermentasi menunjukkan adanya penurunan.

Struktur dan Sifat Biokimiawi

Struktur dan karakteristik asam fitat telah dibahas secara tuntas oleh Cosgrove (1980). Analisa terhadap kristal natrium fitat menggunakan kristalografi sinar-X telah mengungkapkan struktur dari ester heksaortofosfat dari mioinositol. Fosfat yang berada pada posisi C1, 3,4, 5 dan 6 memiliki posisi aksial, sedangkan fosfat pada C2 memiliki posisi equatorial (Blank et al., 1971). Usaha untuk mengkristalkan asam fitat dengan Fe belum berhasil maka hingga kini konformasi garam Fe-fitat belum diketahui. Pengkajian lebih lanjut menggunakan *Nuclear Magnetic Resonance* dan spektroskop menunjukkan bahwa struktur asam fitat dalam air membentuk konformasi seperti bentuk kursi (Gambar 1).

Meskipun enam gugus fosfat yang tersterifikasi memiliki potensi sebagai sumber energi namun asam fitat bersifat inert dan sangat stabil. Asam fitat dalam bentuk padat tahan disimpan hingga bertahun-tahun, sedangkan bila disimpan dalam bentuk larutan pada pH netral atau alkali bisa bertahan hingga beberapa bulan. Untuk melepaskan separuh dari elemen fosfor dari asam fitat diperlukan hidrolisa menggunakan 5 N HCl pada suhu 100° C selama paling sedikit 6 jam, sedangkan bila dilakukan menggunakan refluk pada pH 12 selama 6 jam belum bisa melepaskan elemen fosfor sedikitpun (Cosgrove, 1980). Hidrolisa asam fitat menggunakan asam dan perlakuan dengan enzim fitase menghasilkan campuran mioinositol, fosfat anorganik, mioinositol mono-, di-, tri-, tetra-, penta- dan heksafosfat (Cosgrove, 1980). Hal serupa juga terjadi pada biji yang mengalami perkecambahan dimana asam fitat terdefosforilasi secara terhadap hingga menghasilkan mioinositol dan fosfat anorganik (Scott and Loewus, 1986).

Metode analisa asam fitat baik secara kualitatif maupun kuantitatif pada umumnya didasarkan pada peneraan Fe^{3+} -fitat yang bersifat tidak larut dalam air (Orberleas and Harland, 1986). Graf and Dintzis (1982) mengembangkan metode analisa asam fitat menggunakan HPLC fase balik dan pengukuran indeks refraksi.

Interaksi Dengan Protein

Asam fitat membentuk ikatan elektrostatik yang kuat dengan asam amino bergugus pada pH rendah sehingga mampu mengendapkan beberapa jenis protein pada pH di bawah 5,0. Pada kondisi pH netral dan alkali baik fitat maupun protein memiliki muatan negatif yang mengakibatkan disosiasi di antara keduanya. Kation polivalen bisa membentuk penghubung antara asam fitat dan protein serta hubungan tersebut semakin kuat bila berada pada pH netral. Mengingat sifatnya yang bisa membentuk ikatan kuat dengan protein, maka asam fitat diketahui mampu menghambat enzim pilifenol-oksidadase, α -amilase, alkohol-dehidrogenase, tripsin dan enzim-enzim lainnya. Interaksi antara asam fitat dan protein telah dibahas secara lengkap oleh Cheryan (1980).

Salah satu wujud interaksi yang unik antara asam fitat dan protein adalah afinitas yang tinggi dari asam fitat terhadap 2, 3-difosfoglisarat pada hemoglobin. Pada hemoglobin A manusia diketahui bahwa delapan gugus amino asli yang bersifat basa membentuk jembatan-jembatan elektrostatik dan dua ikatan hidrogen dengan keenam gugus fosfat dari asam fitat. Tingkat disosiasi dari kompleks fitat-hemoglobin dan kondisi tanpa oksigen adalah 6×10^{-8} M dan dalam keadaan teroksigenasi adalah 1×10^{-6} M. Oleh karena itu terikatnya asam fitat dapat memodifikasi interaksi antara elemen Fe dari hemoglobin dengan oksigen yang menyebabkan terjadinya disosiasi oksigen dari hemoglobin. Dampak fisiologis dari terikatnya asam fitat pada posisi yang spesifik pada hemoglobin telah dibahas oleh Gersonde and Ganguly (1986). Asam fitat dapat berinteraksi dengan eritrosit secara irreversibel yang meningkatkan kemampuan eritrosit dalam mengangkut oksigen (Weiner and Franco, 1986). Interaksi antara fitat dengan eritrosit diduga justru bermanfaat untuk penyembuhan bagi penderita iskemia, anemia hemolitik, maupun hipereritropsis (Nicolau et al, 1986).

Pengikatan Logam

Struktur yang rumit dari asam fitat menunjukkan adanya potensi pengikatan logam yang banyak. Sesudah banyak diketahui bahwa asam fitat memiliki afinitas yang tinggi terhadap kation polivalen. Tingkat kekuatan afinitas untuk beberapa logam urutannya sebagai berikut: $Cu^{2+} > Zn^{2+} > Ni^{2+} > Co^{2+} > Mn^{2+} > Fe^{2+} > Ca^{2+}$. Oleh karena asam fitat memiliki afinitas yang kuat terhadap kalsium maka asam fitat mengadsorpsi $Ca_5[PO_4]_3OH$ (hidroksiapatit) yang merupakan elemen utama penyusun struktur tulang dan gigi (Kaufman, 1986). Konstanta disosiasi asam fitat belum diketahui karena interaksi kompleks elektrostatik. Satu molekul asam fitat dapat

berikatan dengan enam kation divalen, dan tiap satu kation dapat menghubungkan dua molekul fitat yang lain tergantung dengan status redoksnya. Namun pengukuran secara potensiometrik pada suhu 20°C dapat memperkirakan konstanta disosiasi dari dua kalsium pertama yang terikat pada fitat adalah: 44×10^{-6} M pada pH 7,2 dan kurang dari 1×10^{-6} M at pH 8,4 (Graf, 1983).

Kompleks yang terbentuk antara asam fitat dan ion logam diketahui memiliki sifat yang tidak larut dalam air pada kisaran pH yang lebar. Hal inilah yang mendasari adanya kesimpulan selama ini yang menganggap bahwa asam fitat bersifat antigizi. Meskipun diketahui bahwa lapisan mukosa pada usus halus dan bakteri memiliki enzim fitase (Nayini et al., 1986), namun sebagian besar dari asam fitat melewati saluran pencernaan sama sekali tidak terdegradasi (Ellis et al., 1984). Dengan demikian asam fitat dinilai mengurangi ketersediaan mineral yang bisa diserap oleh tubuh dan hal ini sudah banyak dibahas dalam berbagai simposium dan kajian pustaka (Cheryan, 1980; Graf and Eaton, 1984; Morris and Ellis, 1985; Morris, 1986). Namun hal ini sebenarnya masih sangat kontroversial karena suatu hasil penelitian yang menunjukkan bahwa asam fitat tidak ada pengaruhnya atau bahkan meningkatkan penyerapan mineral (Graf and Eaton, 1984).

Pengaruh asam fitat dalam makanan terhadap ketersediaan mineral yang bisa diserap oleh tubuh ditentukan oleh sejumlah faktor (Graf and Eaton, 1985a). Salah satu faktornya adalah rasio logam/asam fitat. Meskipun kompleks kation-fitat tidak larut dalam air, namun kompleks yang hanya mengandung satu atau dua kation pada setiap molekul asam fitat ternyata mudah larut pada kisaran pH yang lebar (Graf and Eaton, 1984). Kompleks kalsium-fitat dapat diperoleh dengan cara penambahan asam fitat dengan sejumlah berlebihan, meskipun hal ini tidak terjadi pada kompleks Fe^{3+} -fitat (Gambar 2). Fenomena inilah yang mungkin menyebabkan diperolehnya hasil penelitian yang kontroversial pada waktu sebelumnya.

Fungsi Fitat Sebagai Antiosidan

Kelompok antioksidan primer dicirikan dengan kemampuannya untuk bereaksi dengan oksigen radikal maupun radikal bebas lainnya. Akibatnya antioksidan itu sendiri lama kelamaan akan habis 'terpakai'. Dalam hal ini asam fitat justru memiliki sifat yang sebaliknya yaitu sangat tidak reaktif dan stabil. Oleh karena itu peran antioksidatif dari asam fitat didasarkan pada kemampuannya untuk mengikat Fe^{3+} .

Sudah banyak diketahui bahwa besi bisa mengkatalisasi reaksi-reaksi kimia yang bisa menimbulkan

kerusakan oksidatif pada benda biologis (Halliwell and Gutteridge, 1985; Aust et al., 1985; Rush and Koppenol, 1986) Reaksi-reaksi tersebut biasanya menghasilkan senyawa beroksigen yang reaktif dan akhirnya bisa menghasilkan hidroksil radikal.

Berbeda dengan kalsium, Fe^{3+} yang tidak terikat oleh asam justru bersifat tidak larut pada pH netral atau alkali karena terbentuknya kompleks Fehidroksida yang berukuran besar (Gambar 2). Asam fitat pada konsentrasi tinggi ternyata dapat membuat besi lebih larut dalam bentuk Fe(III)_1 -fitat, sedangkan pada konsentrasi yang rendah justru membuat kompleks besi-fitat menjadi tidak larut yaitu dalam bentuk Fe(III)_3 -fitat maupun Fe(III)_4 -fitat. Kompleks Fe(III)_2 -fitat tingkat kelarutannya sulit ditentukan karena tidak selalu bisa terbentuk dan seringkali ditemukan adanya kompleks yang tidak terlarut. Hanya kompleks Fe(III)_1 -fitat yang dapat dipreparasi menjadi bentuk yang lebih murni dengan cara penambahan asam fitat yang sangat berlebihan seperti yang terlihat pada Gambar 2 (Graf and Eaton, 1984).

Konstanta disosiasi untuk beberapa macam kompleks Fe-fitat belum diketahui, namun dari pengukuran kelarutan besi menggunakan radioaktif diketahui, namun dari pengukuran kelarutan besi menggunakan radioaktif diketahui bahwa asam fitat memiliki afinitas yang tinggi terhadap besi. Gambar 3 menunjukkan pengaruh asam fitat terhadap kelarutan besi pada pH 7,4. Pengikatan besi oleh asam fitat bisa mencegah terbentuknya agregat yang bersifat tidak larut, meskipun pada konsentrasi besi serendah 6 nM (Graf and Eaton, 1984).

Dalam air, keenam posisi koordinasi besi bervalensi tiga diduduki oleh molekul air dan ion hidroksida. Zat-zat yang berfungsi sebagai pengikat besi biasanya menduduki lima posisi koordinasi pada besi dan posisi keenam diduduki H_2O . Asam fitat memiliki keunikan yaitu bisa menduduki posisi menggantikan semua posisi koordinasi dari molekul air pada kompleks Fe(III)_1 -fitat (Graf et al., 1984).

Keunikan Asam Fitat Dalam Mengikat Besi

Sudah banyak diketahui bahwa Fe bebas dan kompleks-Fe tertentu bisa berpartisipasi dalam reaksi yang mengarah terbentuknya senyawa radikal yang dikatalisa oleh Fe memerlukan tersedianya paling tidak satu posisi koordinasi pada Fe dan bersifat larut dalam air. Beberapa pengikat logam (*metal-chelator*) lain sekalipun sudah membentuk kompleks dengan Fe dan bersifat larut dalam air ternyata Fe tersebut masih bisa menjalankan fungsinya sebagai katalis (Graf et al., 1984).

Namun demikian ada juga pengikat Fe yang sekaligus bisa membentuk kompleks dengan Fe dan larut dalam air tetapi secara efektif dapat membuat Fe tersebut menjadi tidak reaktif lagi. Asam fitat adalah salah satu jenis pengikat logam yang memiliki karakteristik yang unik ini. Pada perbandingan molar antara fitat : Fe sebesar 0,25 atau lebih maka bisa secara efektif menghambat pembentukan hidroksil radikal dari reaksi yang melibatkan superoksida (Gambar 4) (Graf, 1986).

Beberapa reaksi oksidatif yang melibatkan zat besi biasanya menghasilkan Fe^{2+} sebagai produk antara. Aktivitas feroksidase seruloplasmin yang berperan sebagai katalis dalam reaksi oksidasi spontan dari Fe^{2+} menjadi Fe^{3+} dianggap memiliki karakteristik sebagai antioksidan. Asam fitat juga memiliki aktivitas feroksidase. Hal ini dibuktikan oleh hasil penelitian yang menunjukkan bahwa oksidasi spontan dari Fe^{2+} pada pH netral berlangsung lambat, namun ketika asam fitat ditambahkan maka bisa mempercepat laju oksidasi Fe^{2+} menjadi Fe^{3+} (Graf et al., 1987).

Dengan demikian paling tidak ada tiga cara bagi pengikat logam untuk berinteraksi dalam reaksi oksidatif yang melibatkan Fe. Pertama, pengikat menempati semua posisi koordinasi yang reaktif sehingga Fe menjadi tidak efektif lagi sebagai katalis. Kedua, mengikat reaksi yang melibatkan Fe biasanya memerlukan siklus redoks maka pengikat yang telah membentuk kompleks dengan Fe dapat memutuskan siklus tersebut. Ketiga, reaksi oksidasi tertentu yang melibatkan Fe mungkin memerlukan jarak yang sangat dekat antara Fe dengan substrat. Reaksi ini bisa dihambat oleh pengikat logam yang mampu mencegah Fe bereaksi dengan molekul lain. Asam fitat mampu berfungsi sebagai antioksidan melalui ketiga cara tersebut cara tersebut di atas (Graf and Eaton, 1990).

Manfaat Asam Fitat Bagi Kesehatan

Asam fitat memiliki manfaat yang banyak bagi kesehatan manusia. Hal ini tidak hanya berhubungan dengan fungsinya sebagai antioksidan. Misalnya karena afinitasnya yang kuat terhadap kalsium maka memiliki potensi untuk dikembangkan menjadi salah satu bahan dalam produk untuk menjaga kesehatan gigi dan mulut serta untuk mencegah resorpsi tulang (Kaufman, 1986). Makanan dengan kadar asam fitat yang tinggi juga terbukti efektif untuk mengobati pasien yang menderita batu ginjal dan hiperkalsiuria (Ohkawa et al., 1984). Hasil penelitian epidemiologi juga menunjukkan bahwa konsumsi asam fitat memiliki korelasi negatif dengan insiden batu ginjal (Modlin, 1980). Penggunaan eritrosit yang diperkaya dengan fitat terus dikembangkan untuk mengatasi gangguan akibat organ iskemia, himolitik anemia, defisit

pernafasan dan eritrositosis (Nicolau et al., 1986). Penghambatan α -amilase oleh asam fitat bisa memperkecil kenaikan kadar gula dalam darah, hal ini tentu bermanfaat bagi penderita diabetes (Thompson, 1986). Manfaat asam fitat untuk menurunkan kadar kolesterol darah, penawar keracunan timah hitam dan yang lain juga perbah dibahas oleh Graf (1986). Namun demikian sejauh ini manfaat asam fitat bagi kesehatan justru dimungkinkan berawal dari kemampuannya sebagai antioksidan.

Pada awalnya dikemukakan hipotesis bahwa makanan yang kaya kandungan seratnya dapat berperan memperkecil resiko terjadinya kanker kolon dengan cara mempersingkat waktu perjalanan makanan dalam saluran pencernaan. Namun selanjutnya disusul dengan adanya dugaan yang menyatakan bahwa kandungan fitat di dalam makanan lebih penting dalam kaitannya dengan pencegahan kanker kolon daripada kandungan serat total (Graf and Eaton, 1985b). Hal ini didukung oleh beberapa alasan yang patut dipertimbangkan. Pertama proses karsinogenesis biasanya melibatkan kerusakan DNA yang disebabkan oleh adanya senyawa oksigen aktif yang pembentukannya dikatalisa oleh logam (Ames, 1983, Imlay et al., 1988; Imlay and Linn, 1988). Telah dikemukakan di depan bahwa asam fitat mampu mengikat besi sehingga tidak bisa lagi mengkatalisa reaksi-reaksi oksidatif. Bagi orang yang banyak mengkonsumsi daging maka di dalam ususnya akan terdapat banyak zat besi yang berpotensi mengkatalisa reaksi pembentukan senyawa oksigen yang reaktif. Keberadaan asam fitat dalam lingkungan seperti itu tentu dapat menekan proses karsinogenesis yang distimulus oleh adanya besi.

Alasan kedua yaitu berdasarkan studi epidemiologi diketahui bahwa konsumsi asam fitat yang tinggi memiliki korelasi yang lebih kuat dengan rendahnya insiden kanker kolon, sedangkan konsumsi serat yang tinggi dengan rendahnya insiden kanker kolon korelasinya lemah (Graf and Eaton, 1985b). Penelitian lain menunjukkan bahwa efek karsinogenik asoksi metan ternyata dapat dihilangkan pada percobaan yang diberi minuman mengandung 1 % natrium-fitat (Shamsuddin et al., 1988). Jariwalla et al. (1988) juga melaporkan bahwa efek promosi tumor dari magnesium oksida dapat dinetralkan dengan pemberian pakan yang mengandung asam fitat 12 %. Level asam fitat dalam pakan setinggi itu sulit diketemukan dalam bahan makanan sehari-hari. Pemberian pakan dengan kandungan asam fitat 12 % selama 6 bulan terus menerus ternyata tidak menimbulkan efek negatif pada binatang percobaan. Hal ini mengindikasikan bahwa asam fitat cukup aman untuk dikonsumsi meskipun dalam jangka panjang.

Penggunaan Asam Fitat Untuk Pengawetan Makanan

Banyak sekali bahan makanan yang sangat mudah teroksidasi oleh udara karena di dalamnya terkandung asam lemak tidak jenuh dan besi yang keduanya berada sangat berdekatan. Kadar oksigen 1 % atau lebih dan berhubungan langsung dengan bahan makanan sudah dapat menyebabkan terjadinya kerusakan akibat reaksi-reaksi oksidatif. Oleh karena itu pengolah produk makanan berupaya keras untuk mengatasi hal ini dengan cara mengeliminasi oksigen dalam kemasan produk makanan atau dengan menambahkan antioksidan.

Sifat-sifat antioksidan yang dimiliki oleh asam fitat bisa dimanfaatkan sebagai sumber antioksidan alami. Efek antioksidatif asam fitat diketahui mampu bertahan sampai 12 bulan ketika dikaji penggunaannya pada emulsi air dalam minyak suhu kamar (Empson et al., 1989). Meskipun hingga saat ini asam fitat belum termasuk dalam kategori GRAS (*Generally Recognized As Safe*), namun di berbagai negara telah diijinkan untuk digunakan sebagai bahan tambahan pada makanan. Bahkan salah satu perusahaan di Jepang (*Tsuno Rice Fine Chemicals*) telah memproduksi asam fitat dalam jumlah besar untuk digunakan pada minyak kedelai, produk daging dan ikan, serta makanan lain (Graf and Eaton, 1990).

Produk daging dan ikan yang tidak dikuring merupakan salah satu bahan yang tepat untuk menguji efektivitas antioksidan. Selama proses pemasakan daging diketahui bahwa sebagian besi akan dibebaskan dari mioglobin yang selanjutnya mengkatalisa reaksi peroksidasi lemak (misal: fosfolipida) dan menghasilkan senyawa volatil yang kurang sedap (Warmed Over Flavor, WOF) dalam jangka 24 jam pada suhu refrigerasi (Rhee et al., 1987). Penggunaan asam fitat ternyata dapat mengurangi pembentukan senyawa malonaldehid pada produk daging ayam yang sudah dimasak dan disimpan pada suhu 4°C (Empson et al., 1989). Penelitian penggunaan asam fitat pada daging sapi giling yang sudah dimasak juga dilaporkan bisa menghambat laju kerusakan yang diakibatkan oleh reaksi oksidasi lemak (St. Angelo et al., 1988). Diduga bahwa dalam hal ini asam fitat mampu mengikat besi yang dibebaskan dari mioglobin dan membuatnya tidak bisa berperan sebagai katalisator dalam reaksi oksidatif.

Rangkuman

Asam fitat merupakan antioksidan alami yang terdapat pada biji-bijian maupun kacang-kacangan dengan kadar berkisar 1 - 5 %. Mengingat kemampuannya untuk mengikat besi dan membentuk kompleks maka asam fitat dapat menghambat reaksi oksidatif di dalam biji yang dikatalisa oleh besi. Asam fitat dalam makanan juga dapat

mengurangi insiden kanker kolon dengan menggunakan mekanisme yang sama seperti di atas. Penggunaan asam fitat pada makanan terbukti dapat menghambat laju kerusakan yang disebabkan oleh oksidasi lemak. Penggunaan asam fitat dengan kadar yang wajar dinilai cukup aman dan tidak mengganggu proses penyerapan mineral dari bahan makanan. Dengan demikian sudah sepantasnya predikat asam fitat yang selama ini diketahui sebagai antigizi perlu 'direhabilitasi' karena potensinya sebagai antioksidan dapat memberikan banyak manfaat.

DAFTAR PUSTAKA

- Ames, B.N. 1983. Dietary carcinogens and anticarcinogens, *Science* 221:1256-1264.
- Asada, K., Tanaka, K., and Kasai, Z. 1986, Formation of phytic acid in cereal grains. *Ann. New York Acad. Sci.* 165:801-814.
- Aust, S.D., Morehouse, L.A., and Thomas, C.E. 1985. Role of metals in oxygen radical reactions. *J. Free Radical Biol. Med* 1:3-25.
- Beleia, A., Ida, E.I. and Lethi, T.T. 1990. Phosphorus and phytic acid distribution during soy milk processing. *Arq. Biol. Technol*, 33:623-629.
- Beleia, A., Thu Thao, L.T., and Ida, E.I. 1993. Lowering phytic phosphorus by hydration of soybean. *J. Food Sci.* 58:375-377.
- Biswas, S., Maity, I.B., Chakrabarti, S., and Biswas, B.B. 1978. Purification and characterization of myo-inositol hexaphosphate-adenosine diphosphate phosphotransferase from *Phaseolus aureus*. *Arch. Biochem. Biophys.* 185: 557-566.
- Blank, G.E., Plecher, J., and Sax, M. 1971. The structure of myo-inositol hexaphosphate dodecasodium salt octatriacontahydrate: a single crystal X-ray analysis. *Biochem. Biophys. Res. Commun.* 44: 319-325.
- Cheryan, M. Phytic acid intercalations in food systems. *CRC. Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 13:297-335.
- Cosgrove, D.J. 1980. Inositol phosphates. Their chemistry, biochemistry and physiology. Elsevier Scientific Publishing, New York.
- Costello, A.J.R., Glonek, T., and Myers, T.C. 1976. ³¹P-nuclear magnetic resonance-pH titrations of myo-inositol hexaphosphate. *Carbohydr. Res.* 46:159-171.
- Empson, K.L., Labuza, T.P., and Graf, E. 1989. Antioxidant effects of phytic acid in model food systems. *J. Food Sci.*
- Gersonde, K. and Ganguly, T. 1986. Inositol phosphates as modulators of oxygen affinity in hemoglobin. Dalam *Phytic acid: chemistry and applications*. Graf, E. (ed.), Pilatus Press, Minneapolis, MN. pp. 195-248.
- Graf, E. 1983a. Calcium binding to phytic acid. *J. Agric. Food Chem.* 31:851-855.

- Graf, E. 1983b. Calcium of phytic acid. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 60:1861-1867.
- Graf, E. 1986. Phytic acid: chemistry and applications. Pilatus Press, Minneapolis, MN.
- Graf, E. and Dintzis, F.R. 1982. HPLC method for the determination of phytate. *Anal. Biochem.* 119:413-417.
- Graf, E. and Eaton, J.W. 1984. Effect of phytate on mineral bioavailability in mice, *J. Nutr.* 114:1192-1198.
- Graf, E. and Eaton, J.W. 1985a. Dietary phytate and calcium bioavailability. Dalam *Nutritional bioavailability of calcium, ACS symposium series 275*. Kies, C. (ed.), American Chemical Society, Washington, DC. pp. 51-62.
- Graf, E. and Eaton, J.W. 1985b. Dietary suppression of colonic cancer. Fiber or phytate? *Cancer* 56:717-718.
- Graf, E. and Eaton, J.W. 1990. Antioxidant functions of phytic acid. *Free Radical Biol. Med.* 8:61-69.
- Graf, E., Mahoney, J.R., Bryant, R.G., and Eaton, J.W. 1984. Iron-catalyzed hydroxyl radical formation. Stringent requirement for free iron coordination site. *J. Biol. Chem.* 259:3620-3624.
- Graf, E., Empson, K.L., and Eaton, J.W. 1978. Phytic acid. A natural antioxidant. *J. Biol. Chem.* 262:11647-11650.
- Halliwell, B. and Gutteridge, J.M.C. 1985. The importance of free radicals and catalytic metal ions in human diseases. *Mol. Aspects Med.* 8:89-93.
- Harland, B.F. and Oberleas, D. 1977. A modified method for phytate analysis using an ion-exchange procedure: application to textured vegetable proteins. *Cereal Chem.* 54:827-832.
- Honig, D.H., Wolf, W.J., and Rackis, J.J. 1984. Phytic acid and phosphorus content of various protein fractions. *Cereal Chem.* 61:523-526.
- Imlay, J.A., Chin, S., and Linn, S. 1988. Toxin DNA damage by hydrogen peroxide through the Fenton reaction in vivo and in vitro. *Science* 240:640-642.
- Imlay, J.A. and Linn, S. 1988. DNA damage and oxygen radical toxicity. *Science* 240:1302-1309.
- Jariwalla, R.J., Sabin, R., Lawson, S., Bloch, D.A., Prender, M., Andrews, V., and Herman, Z.S. 1988. Effect of dietary phytic acid (phytate) on the incidence and growth rate of tumors promoted in Fischer rats by magnesium supplement. *Nutr. Res.* 8:813-827.
- Kaufman, H.W. 1986. Interactions of inositol phosphate with mineralized tissues. Dalam *Phytic acid: chemistry and applications*. Graf, E. (ed.), Pilatus Press, Minneapolis, MN. pp.303-320.
- Lehrfeld, J. 1989. High-performance liquid chromatography analysis of phytic acid on pH-stable, macroporous polymer column. *Cereal Chem.* 66:510-515.
- Lolas, G.M., Palamidis, N., and Markakis, P. 1976. The phytic acid-total phosphorus relationship in barley, oats, soybeans, and wheat. *Cereal Chem.* 53:867-871.
- Lott, J.N.A. and Ockenden, I. 1986. The fine structure of phytate-rich particles in plants. Dalam *Phytic acid: chemistry and applications*. Graf, E. (ed.), Pilatus Press, Minneapolis, MN. pp.43-45.
- Modlin, M. 1980. Urinary phosphorylated inositols and renal stone. *Lancet* 2(804):1113-1114.
- Morris, E.R. 1986. Phytate and dietary mineral bioavailability. Dalam *Phytic acid: chemistry and applications*. Graf, E. (ed.), Pilatus Press, Minneapolis, MN. pp.57-76.
- Morris, E.R. and Ellis, R. 1985. Phytate, wheat bran, and bioavailability of dietary iron. Dalam *Nutritional bioavailability of calcium, ACS symposium series 275*. Kies, C. (ed.), American Chemical Society, Washington, DC. pp.121-141.
- Nayini, N.R. and Markakis, P. 1986. Phytates. Dalam *Phytic acid: chemistry and applications*. Graf, E. (ed.), Pilatus Press, Minneapolis, MN. pp.101-118.
- Nicolau, C. Ropars, C., and Tesseire, B. 1986. Short-and long-term physiological effect of improved oxygen transport by red blood cells containing inositol hexaphosphate. Dalam *Phytic acid: chemistry and applications*. Graf, E. (ed.), Pilatus Press, Minneapolis, MN. pp.265-290.
- Oberleas, D. and Harland, B.F. 1986. Analytical method for phytate. Dalam *Phytic acid: chemistry and applications*, Graf, E. (ed.), Pilatus Press, Minneapolis, MN. pp.77-100.
- Ohkawa, T., Ebisuno, S., Kitagawa, M., Morimoto, S., Miyazaki, Y., and Yasukawa, S. 1984. Rice bran treatment for patients with hypercalciuric stones; experimental and clinical studies. *J. Urol.* 132:1140-1145.
- Ohlroge, J.B. and Kernan, T.P. 1982. Oxygen-dependent aging of seeds. *Plant Physiol.* 70:791-794.
- Omosaiye, O. and Cheryan, M. 1979. Low-phytate, full-fat soy protein product by ultrafiltration of aqueous extracts of whole soybeans. *Cereal Chem.* 56:68-62.
- O'Neill, I.K., Sargent, M., and Trimble, M.L. 1980. Determination of phytate in foods by phosphorus-31 Fourier transform nuclear magnetic resonance spectrometry. *Anal. Chem.* 52:1288-1291.
- Raboy, V., Dickinson, D.B., and Below, F.E. 1984. Variation in seed total phosphorus, phytic acid, zinc, calcium, magnesium, and protein among lines of *Glycine max* and *G. soja*. *Crop Sci.* 24:431-434.
- Ranhotra, G.S., Loewe, R.J., and Puyat, L.V. 1974. Phytic acid in soy and its hydrolysis during breadmaking. *J. Food Sci.* 39:1023-1025.

- Rhee, K.S., Ziprin, Y.A., and Ordonez, G. 1987. Catalysis of lipid oxidation in raw and cooked beef by metmyoglobin-H₂O₂, non-heme iron, and enzyme systems. *J. Agric. Food Chem.* 35:1013-1017.
- Rush, J.D. and Koppenol, W.H. 1986. Oxidizing intermediates in the reaction of ferrous EDTA with hydrogen peroxide. Reactions with organic molecules and ferrocyclochrome C.J. *Biol. Chem.* 261:6730-6733.
- Schuster, E.M. and Boldwell, C.E. 1980. Phytic acid content of thirty two commercial soy products. *Fed. Proc.* 39:659 (abstract).
- Scott, J.J. and Loewus, F.A. 1986. Phytate metabolism in plants. Dalam *Phytic acid: chemistry and applications*. Graf. E. (ed.), Pilatus Press, Minneapolis, MN. pp.23-42.
- Shamsuddin, A.M., Elsayed, A.M., and Ullah, A. 1988. Suppression of large intestinal cancer in F344 rats. by inositol hexaphosphate. *Carcinogenesis* 9:577-580.
- St. Angelo, A.J., Vercellotti, J.R. Dupuy, H.P., and Spanier, A.M. 1988. Assessment of beef flavor quality: a multidisciplinary approach. *Food Technol.* 42(6):133-138.
- Sudarmadji, S. and Markakis, P. 1977. The phytate and phytase of soybean tempeh. *J. Sci. Food Agric.* 28:381-383.
- Sutardi and Buckle, K.D. 1985. Phytic acid changes in soybeans fermented by traditional inoculum and six strain of *Rizhopus oligosporus*. *J. Appl. Bacteriol.* 58:539-543.
- Taga, M.S., Miller, E.E., and Pratt, D.E. 1984. Chia seeds as a source of natural lipid antioxidants. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 61:928-931.
- Thompson, D.B. and Erdman, J.W.Jr. 1982. Phytic acid determination in soybeans, *J. Food Sci.* 47:513-517.
- Thompson. L.U. 1986. Phytic acid a factor influencing starch digestibility and blood glucose response. Dalam *Phytic acid: chemistry and applications*. Graf. E. (ed.), Pilatus Press, Minneapolis, MN. pp.173-194.
- van der Riet, W.B., Wight, A.W., Cilliers, J.J.L., and Datel, J.M. 1989. Food chemical investigation of tofu and its by product okara. *Food Chem.* 34:193-202.
- Weiner, M. and Franco, R.S. 1986. The incorporation of phytic acid into erythrocytes and its medical use. Dalam *Phytic acid: chemistry and applications*. Graf. E. (ed.), Pilatus Press, Minneapolis, MN. pp.249-264.
- Williams, S.G. 1970. The source of phytic acid in wheat grain. *Plan Physiol.* 45:376-381.

LAMPIRAN

Tabel 1. Kandungan asam fitat pada beberapa biji-bijian

Jenis bijian	Asam fitat (% berat kering)
Gandum	1,1
Kulit gandum	4,8
Jagung	0,9
Kulit jagung	0
Kacang kedelai	1,4
Biji sesame (<i>wijen</i>)	5,3
Kacang tanah	1,9
Kacang kapri	0,9
Kacang buncis	2,5
Biji bunga matahari	1,9
Beras	2,2

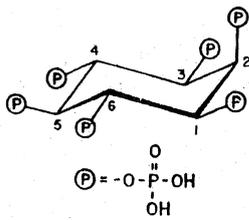
Sumber : Graf (1983b)

Tabel 2. Kadar asam fitat pada kedelai dan produk kedelai

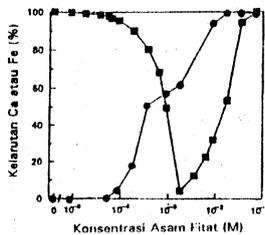
Nama Produk	Asam Fitat (% berat kering)	Sumber Pustaka
Kacang kedelai	1,00 - 1,47	Lolas et al. (1976)
Kacang kedelai	1,39 - 2,30	Raboy et al., (1984)
Kulit luar	0,12	Lehrfeld (1989)
Kulit luar	0,50	Sutardi and Buckle (1985)
Kulit dalam	0,88	Thompson and Erdman (1982)
Bagian kotiledon	1,58	Belela et al. (1993)
Tepung kedelai	1,51 - 1,81	Ranhotra et al. (1974)
Tepung kedelai	1,10 - 2,02	Davies and reid (1979)
Tepung kedelai bebas lemak	1,62 - 1,85	Ranhotra et al. (1974)
Tepung kedelai bebas lemak	1,30 - 1,63	Schuster and Bodwell (1980)
Konsentrat protein kedelai	1,25 - 2,17	Ranhotra et al. (1974)
Konsentrat protein kedelai	1,48 - 1,50	Harland and Oberleas (1977)
Isolat protein kedelai	0,97 - 1,69	Schuster and Bodwell (1980)
Isolat protein kedelai	1,61 - 2,00	Honig et al. (1984)
Isolat protein kedelai	1,48	O'Neill et al. (1980)

Tabel 3. Kadar asam fitat pada produk makanan asal kedelai

Nama produk	Asam fitat (% berat kering)	Sumber pustaka
Susu kedelai	1,68	Omosaiye and Cheryan (1979)
Susu kedelai	1,83	Beleia et al. (1990)
Tahu	1,5 - 2,5	van der Riet et al. (1989)
Tahu	1,96 - 2,88	Schaefer and Love (1992)
Endapan susu kedelai	0,5 - 1,2	van der Riet et al. (1989)
Tempe	0,69 - 0,73	Sutardi and Buckle (1985)
Tempe	0,96	Sudamadji and Markakis (1977)

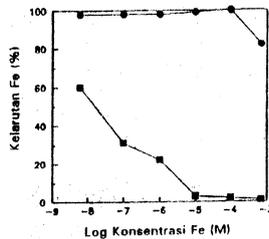


Gambar 1. Struktur asam fitat dalam larutan
Sumber : Costello et al. (1976)

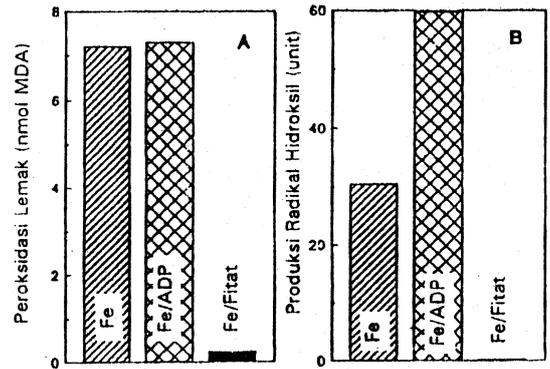


Gambar 2. Pengaruh konsentrasi asam fitat terhadap kelarutan kalsium dan besi.

Kelarutan 10 mM Ca^{2+} (kotak hitam) dan 0,7 mM Fe^{3+} (lingkaran hitam) ditentukan dalam 100 mM HEPES pada pH 7,4 dan suhu 25°C.
Sumber : Graf and Eaton (1984)

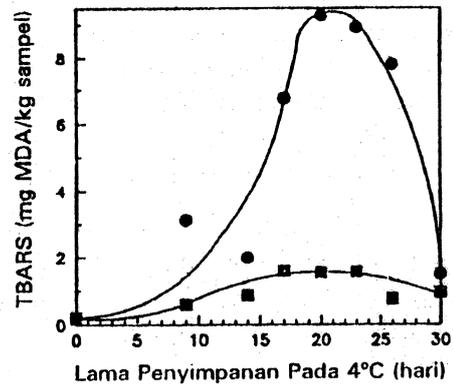


Gambar 3. Pengaruh konsentrasi asam fitat terhadap kelarutan besi. Kelarutan Fe^{3+} pada pH 7,4 tanpa penambahan asam fitat (kotak hitam) atau dengan penambahan 1,15 mM asam fitat (lingkaran hitam) ditentukan dengan radiometri setelah diinkubasi selama 24 jam.
Sumber : Graf and Eaton (1984)



Gambar 4. Pengaruh asam fitat dan ADP pada peroksidasi lemak (A) dan pembentukan radikal hidroksil (B) dalam campuran reaksi yang dikatalisa oleh Fe^{3+} .

Sumber : Graf (1986).



Gambar 5. Pengaruh asam fitat terhadap pembentukan TBA-reactive substances (TBARS) pada daging ayam yang dikemas vakum dan disimpan pada suhu 4°C selama 30 hari. Sampel yang diberi asam fitat digambarkan dengan lingkaran hitam.
Sumber : Empson et al. (1989).