

# PENGARUH pH DAN RATIO MOLAR TERHADAP KELARUTAN ASAM FITAT DAN KALSIUM

Oleh : Agus Setyono\*)

## A. Pendahuluan

Asam fitat atau myo-inositol 1,2,3,4,5,6, heksakis (dihidrogen fosfat) yang pertama kali dikenal oleh Pfeffer pada awal tahun 1872, banyak terdapat pada biji tanaman. Kandungan asam fitat dalam biji sereal, kacang-kacangan dan biji-bijian berminyak besarnya berkisar antara 1 - 6 persen. Di dalam biji, asam fitat dapat berbentuk garam, baik berikatan dengan logam monovalen ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ) maupun logam divalen ( $\text{Mg}^{++}$ ,  $\text{Ca}^{++}$ ). Fitat di dalam biji berfungsi

sebagai sumber fosfor (Biswas and Biswas, 1965), sebagai sumber energi (Hall and Hodges, 1966) dan sebagai sumber kation untuk proses perkecambahan (Williams, 1970).

Asam fitat merupakan salah satu senyawa antigizi (antinutritive) karena asam fitat dapat mengikat mineral dan protein membentuk senyawa yang tidak larut sehingga mineral dan protein tersebut tidak dapat dicerna oleh dinding usus (Harrison and Mellanby, 1939; Smith and Rackis, 1957). Dengan demikian,

---

\*) Ir. Agus Setyana SU adalah Staf Peneliti pada Balittan Bogor, Sekarang sedang menempuh Program Doktor di Fakultas Pertanian UGM.

asam fitat merupakan salah satu faktor pembatas nilai gizi makanan yang berasal dari biji-bijian. Walaupun beberapa penelitian telah menunjukkan bahwa asam fitat dapat ber-senyawa dengan beberapa mineral sehingga mineral tersebut tidak dapat diserap oleh dinding usus, namun belum diketahui secara kuantitatif tentang interaksi antara asam fitat dengan mineral dan protein. Lagi pula di dalam berbagai literatur tidak membedakan antara pembentukan senyawa fitat-kation dengan pembentukan endapan. Oleh karena mineral, protein dan zat gizi yang lain hanya dapat dicerna dalam bentuk terlarut, maka perlu diketahui sifat kelarutan atau pembentukan senyawa fitat-mineral pada berbagai kondisi yang sering dijumpai di dalam pengolahan makanan. Salah satu kondisi tersebut yang sering dijumpai adalah pH.

### B. Cara Perlakuan

Untuk membahas masalah tersebut diperlukan larutan stok asam fitat yang ditambah larutan stok  $\text{CaCl}_2$  untuk memperoleh perbandingan (ratio) molar Ca : AF (asam fitat) sesuai dengan yang dikehendaki.

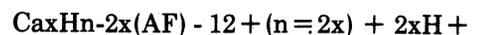
Apabila konsentrasi Ca diperbesar, maka reaksi akan bergeser ke kanan, ion  $\text{Ca}^{2+}$  mendesak ion  $\text{H}^+$  gugus fosfat dari asam fitat sehingga pH akan menurun dan senyawa

daki. Untuk menghindari besarnya variasi kekuatan ionik (Ionic strength) dapat ditambahkan beberapa mililiter 1M NaCl. Kekuatan ionik ini disesuaikan dengan kekuatan ionik yang diperlukan untuk aktivitas penyerapan kalsium dalam pencernaan manusia, yaitu sebesar 0,11 sampai 0,17. Untuk mengatur pH sesuai dengan yang dikehendaki, digunakan 1N NaOH dan 1N HCl. Campuran tersebut kemudian volumenya dijadikan 100 ml dan dialiri gas nitrogen, selanjutnya diinkubasikan pada suhu  $30^\circ\text{C}$  selama satu malam. Setelah diinkubasikan, campuran tersebut disentrifugasi dengan gaya 12.000 x G selama 15 menit pada suhu kamar. Supernatan kemudian dianalisis kandungan kalsium dan asam fitatnya.

### C. Kelarutan Kalsium dan Asam Fitat

Ratio molar Ca : AF (asam fitat) yang akan direaksikan bervariasi antara 0,5 sampai 12,67 pada berbagai pH, antara pH 2 sampai pH 11.

Reaksi antara asam fitat dengan kalsium dapat digambarkan sebagai berikut :

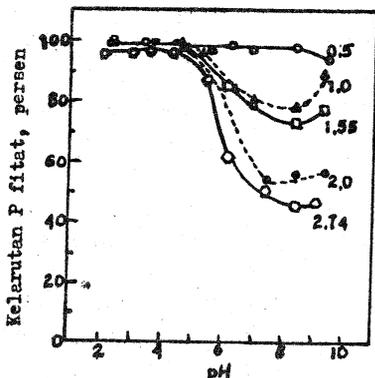


wa fitat yang dihasilkan mengendap pada pH yang lebih rendah. Untuk menghindari perubahan pH yang menyolok dapat digunakan buffer pada pH yang sesuai dengan pH waktu

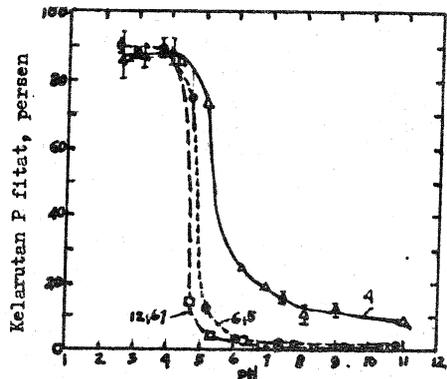
inkubasi. Apalagi konsentrasi Ca yang direaksikan relatif lebih besar bila dibandingkan dengan konsentrasi asam fitat maka akan menghasilkan endapan senyawa fitat yang lebih besar pula dan sebaliknya konsentrasi Ca yang rendah pada pH yang rendah reaksi akan bergeser ke kiri menyebabkan kelarutan kalsium dan asam fitat relatif meningkat.

Pengaruh ratio molar Ca : AF pada berbagai pH terhadap kelarutan asam fitat dapat dilihat pada gambar 1 dan gambar 2. Pada ratio molar yang rendah maka senyawa kalsium-fitat yang mengendap sangat rendah. Pengendapan asam fitat maksimal (100 persen) dicapai pada pH 8 apabila ratio molar Ca : AF yang direaksikan sebesar 6,5 dan 12,7 tetapi apabila ratio molar Ca : AF yang direaksikan sebesar 4 maka pengendapan asam fitat hanya mencapai 90 persen (gambar 2) dan pengendapan relatif rendah pada ratio

molar 0,5 sampai 2,74 (gambar 1). Pada ratio molar Ca : AF rendah, tentu saja gugusan fosfat asam fitat tidak mungkin terisi seluruhnya oleh ion kalsium. Jachman dan Black (1951) menyatakan bahwa pengendapan senyawa kalsium-fitat dimulai pada pH 6 dengan ratio molar Ca : AF = 6 : 1. Sedangkan Oberleas dan Moody (1981) yang menggunakan ratio molar Ca : AF = 1 : 1, menunjukkan bahwa pembentukan endapan senyawa kalsium-fitat meningkat tajam pada pH 6 sampai pH 7. Sedikit perbedaan tersebut disebabkan oleh banyak faktor antara lain sumber asam fitat, kemurnian bahan kimia (reagen), metode pemisahan endapan senyawa fitat yang terbentuk, suhu yang digunakan dan konsentrasi reagen yang digunakan. Sekalipun demikian, bentangan (trend) kelarutan kalsium-fitat cukup jelas, ratio molar optimal untuk pengendapan P fitat yang maksimal berkisar antara 4 sampai 6,5.

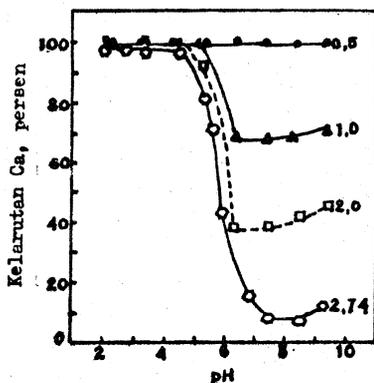


Gambar 1. Pengaruh pH dan ratio molar Ca:AF rendah (0,5 - 2,74) terhadap kelarutan P fitat



Gambar 2. Pengaruh pH dan ratio molar Ca:AF tinggi (4 - 12,67) terhadap kelarutan P fitat

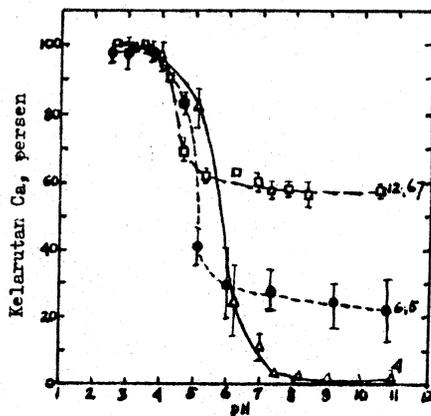
Berlainan dengan P fitat, maka pengendapan kalsium maksimal terjadi apabila ratio molar Ca : AF = 4 : 1 pada pH di atas pH 8 (gambar 4). Data tersebut hampir sama dengan pendapat Rendleman (1982) yang menyatakan bahwa ratio molar Ca : AF sebesar 7,8 kelarutan kalsium menurun dari 72 persen pada pH 5,3 menjadi 23 persen pada pH 6,5. Kenaikan ratio molar (gambar 4) dan penurunan ratio molar (gambar 3) menunjukkan kelarutan kalsium yang meningkat. Pada konsentrasi Ca yang tinggi (gambar 4) menyebabkan



Gambar 3. Pengaruh pH dan ratio molar Ca:AF rendah (0,5-2,74) terhadap kelarutan kalsium

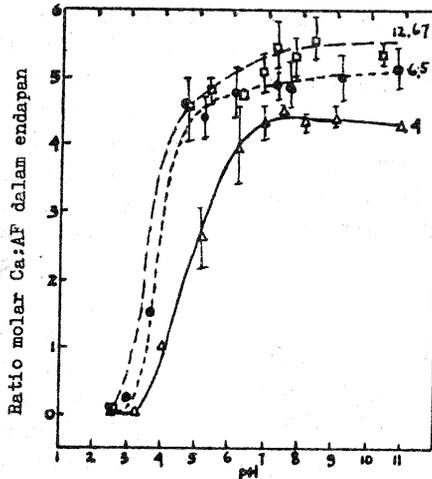
Dari dua pengamatan tersebut dapat disimpulkan bahwa apabila jumlah Ca cukup banyak maka Ca dapat bersenyawa dengan asam fitat dalam bentuk penta-kalsium-fitat dan bukan tetra-kalsium-fitat atau heksa-kalsium-fitat. Hal ini sesuai

jumlah Ca yang larut meningkat karena jumlah Ca yang tersisa setelah sebagian terikat oleh gugusan fosfat asam fitat masih cukup tinggi. Sedangkan apabila ratio molar Ca : AF sangat rendah (gambar 3), kelarutan Ca juga meningkat, hal ini disebabkan oleh jumlah Ca yang tidak mencukupi untuk membentuk senyawa kalsium-fitat dengan asam fitat sehingga tidak mampu mengendap. Dengan demikian pada ratio molar yang sangat rendah, Ca dan AF keduanya dalam keadaan terlarut (gambar 1 dan 3) Grynspan and Cheryan, (1983).



Gambar 4. Pengaruh pH dan ratio molar Ca:AF tinggi (4-12,67) terhadap kelarutan kalsium

dengan pendapat Grynspan dan Cheryan (1983) setelah melakukan analisis endapan senyawa kalsium-fitat yang dihasilkan seperti yang dapat dilihat pada gambar 5. Ratio molar Ca : AF = 4,1 yang direaksikan pada pH 5 terbentuk endapan



Gambar 5. Pengaruh pH dan ratio molar Ca:AF yang direaksikan terhadap komposisi Ca:AF di dalam endapan yang dihasilkan

senyawa fitat yang mempunyai ratio molar Ca:AF = 2:1 dan terbentuk endapan senyawa fitat yang maksimal dengan ratio molar Ca:AF sebesar 4,6 pada pH 7,5. Tetapi ratio molar Ca:AF sebesar 6,5 dan 12,67 yang direaksikan pada pH 8 atau lebih akan terbentuk endapan senyawa fitat yang maksimal, masing-masing mempunyai ratio molar Ca:AF sebesar 5,1 dan 5,5 (gambar 5).

Ratio non-stoichiometrik dari endapan tergantung beberapa faktor antara lain tidak tepatnya prosedur pengujian, tidak murninya reagen dan pembentukan senyawa kalsium fitat.

Apabila ratio molar Ca:AF yang direaksikan optimal yaitu sebesar 5 sampai 6, endapan senyawa fitat

yang terbentuk adalah penta-kalsium-fitat. Tetapi apabila jumlah Ca yang direaksikan dengan asam fitat sangat berlebihan, maka Ca tersebut kemungkinan mampu mendesak ion hidrogen dari gugusan fosfat sehingga akan terbentuk heksa-kalsium-fitat.

#### D. Kesimpulan

Berdasarkan uraian tersebut di atas dapat ditarik beberapa kesimpulan :

1. Kalsium dan P fitat (asam fitat) pada berbagai ratio molar (0,5 - 12,67) mempunyai kelarutan yang tinggi pada pH di bawah pH 4.
2. Kelarutan kalsium dan P fitat menurun pada pH di atas pH 4.

3. Pengendapan kalsium akan maksimal apabila ratio molar Ca:AF antara 4 sampai 6,5 direaksikan pada pH 6 ke atas.
4. Pengendapan asam fitat secara sempurna apabila ratio molar Ca : AF yang direaksikan di atas 5.

#### *Daftar Pustaka*

- Biswas, S.S., and B.B. Biswas, 1965. Enzymatic syntesis of guanosine triphosphate. *Biochem. Biophys. Acta.*, 180, 710.
- Grynspan, F., and M. Cheryan, 1983. Calcium phytate : Effect of pH and Molar Ratio on in vitro solubility. *J. Am. Oil Chemists' Soc.* 60 (10), 1761.
- Hall, J.R., and T.K. Hodges, 1966. Phosphorus metabolism of germinating oat seeds. *Plant Physiol.* 41, 1464.
- Harrison, D.C., and E. Mellanby, 1939, CCVIII. Phytic acid and rickets producing action of cereals. *Biochem. J.*, 33 (10), 1660.
- Jackman, R.H., and C.A. Black, 1951. Solubility of iron, aluminium, calcium and magnesium inositol phosphate at different pH values. *Soil Sci.*, 72, 179.
- Oberleas, D., and N. Moody, 1981. Trace element metabolism in man and animals, edited by J.M. Howell, J.M. Gawthorne and C.L. White. *Aust. Acad. Sci. Canberra, Australia.* p. 129.
- Rendleman, J.A., 1982. *Cereal Chem.*, 59, 302.
- Smith, A.K., and J.J. Rackis, 1957. Phytin elimination in soybean protein isolation. *J. Am. Chem. Soc.*, 79, 633.
- Williams, S.G., 1970. The role of phytic acid in the wheat grain. *Plant Physiol.*, 45, 376.