

PENGURANGAN ASAM FITAT BIJI KEDELAI DENGAN CARA PENGUPASAN

Oleh :

Agus Setyono^{)}, Zuheid Noor^{**)}, Slamet Sudarmadji^{**)},
Mochamad Adnan^{**)}*

Abstract

Attempts have been made to reduce phytic acid level in soybean by mechanical dehulling process.

Dehulling was carried out mechanically by using abrasive roller at of 750 to 1450 rpm. for 10 to 30 seconds.

Mechanical dehulling at 750 rpm for 25 seconds was able to reduce approximately 81 per cent of the original content of phytic acid. This hulling procedur gave about 87 per cent recovery of the hulled soybean.

Pendahuluan

Asam fitat pertama kali ditemukan oleh Pfeffer pada awal tahun 1872 (Oberleas, 1973). Asam fitat adalah senyawa fosfat atau myo-inositol 1, 2, 3, 4, 5, 6- heksakis (dihidrogen) fosfat (Anderson, 1914; Johnson and Tate, 1969) yang disusun secara alami dalam biji tanaman (de Turk *et al.*, 1933). Menurut Anderson (1914), asam fitat mempunyai rumus kimia $C_6H_{18}O_{24}P_6$ dengan 12 atom hidrogen di sekitar inti inositol heksafosfat. Pada dasarnya asam fitat dan senyawa fitat di dalam biji berfungsi sebagai sumber fosfor (Biswas and Biswas, 1953), sebagai sumber energi (Hall and Hodges, 1966) dan sebagai sumber kation untuk

proses perkecambahan biji (Williams, 1970).

Asam fitat merupakan asam kuat dan mempunyai kemampuan yang kuat untuk mengikat ion logam. Apabila terjadi ikatan antara asam fitat dengan ion logam atau mineral dalam bahan makanan maka ion logam atau mineral tersebut tidak dapat dicerna atau diserap oleh sistem pencernaan makanan manusia atau hewan (McCance and Widdowson, 1935; Harrison and Mellanby, 1939). Hal ini terjadi karena manusia dan hewan tidak mempunyai sistem enzim endogen yang dapat mendorong hidrolisis molekul fitat tersebut. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa asam fitat menghambat penyerapan Ca, Zn dan Mg oleh hewan dan manusia (O'dell and Savage, 1960; Oberleas *et al.*, 1966; Davies and Nightingale, 1975; Davies and Olpin, 1979; Jaffe, 1981). Selain mengikat ion logam, asam fitat juga dapat berikatan dengan protein membentuk senyawa yang tidak larut, sehingga protein tersebut sukar dicerna oleh saluran pencernaan (Smith and Rackis, 1957; O'Dell and de Boland, 1976; Reddy and Salunkhe, 1981). Adanya asam fitat di dalam bahan makanan juga mempengaruhi aktivitas enzim. Pada kadar rendah, asam fitat dapat menghambat aktivitas tripsin dan enzim amilase (Deshpande and Cheryan, 1984).

Besarnya kandungan asam fitat di dalam biji tergantung pada jenis biji

^{*)} Staf Peneliti pada Laboratorium Pasca Panen Karawang.

^{**)} Staf Pengajar FTP-UGM.

tanaman yang besarnya berkisar antara 0,8 — 5,3 persen (Graf, 1983) dan di dalam biji, asam fitat sebagian besar terdapat di dalam lapisan aleuron, perikarp dan lembaga. Biji kedelai (*Glycine max* (L.) Merr.) mengandung asam fitat berkisar antara 1,1 — 1,41 persen (Sudarmadji and Markakis, 1977; Erdman, 1979). Di dalam biji kedelai dan biji-bijian yang berminyak, fitat sebagian besar terdapat di dalam lapisan aleuron. Dengan memisahkan lapisan aleuron melalui proses pengupasan diharapkan kadar asam fitat dalam biji dapat dikurangi.

Oleh karena asam fitat yang ada di dalam bahan makanan akan mengurangi ketersediaan mineral dan protein bagi tubuh, maka penghilangan asam fitat yang bersifat rakitogenik itu perlu dilakukan. Beberapa perlakuan telah dilakukan dalam usaha mengurangi kandungan asam fitat dalam bahan makanan. Beberapa perlakuan tersebut meliputi perendaman (Chang *et al.*, 1977; Setyono, 1982), perkecambahan (Reddy *et al.*, 1978; Kumar *et al.*, 1978; Tabekhia and Luh, 1980), pemanasan (Lease, 1966) dan fermentasi (Sudarmadji dan Markakis, 1977; Fardiaz and Markakis, 1981). Di dalam proses ekstraksi protein kedelai, juga telah dilakukan usaha untuk mendapatkan isolat dan konsentrat protein kedelai dengan kandungan fitat serendah mungkin melalui pengaturan pH ekstraksi, ultrafiltrasi dan dengan proses LPC (Lipid-Protein Concentrate) (Ford *et al.*, 1978; Hartman; Honig *et al.*, 1984). Walaupun cara tersebut dapat memisahkan asam fitat sampai 98 persen, namun secara praktis sukar dilakukan.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mencari pengurangan asam fitat biji kedelai melalui proses pengupasan secara mekanis yang mudah dilakukan. Dalam

proses pengupasan ini akan dicoba menggunakan berbagai kecepatan putaran mesin pengupas dan lama pengupasan untuk mengetahui besarnya pengurangan asam fitat dan rendemen biji kedelai terkupas. Dengan cara ini pemisahan asam fitat biji kedelai secara praktis mudah dikerjakan.

Bahan dan Cara Percobaan

Bahan

Bahan yang diteliti adalah kedelai varietas ORBA yang diperoleh dari Balai Penyuluhan Pertanian Gading, Wonosari, Yogyakarta, hasil panen bulan Januari 1985. Bahan kimia yang dipergunakan untuk analisis kimiawi diperoleh dari agen pabrik British Drug House (BDH) Inggris dan Merck, Darmstad, Jerman. Penelitian ini dilakukan pada bulan Oktober 1985 sampai Februari 1986.

Cara Perlakuan

Biji kedelai yang telah dibersihkan dan dipilih, dikeringkan dalam oven pada suhu 60°C sampai kadar air mencapai 6 — 8 persen. Kedelai kering ditimbang sebanyak 100 gram kemudian dikupas dengan mesin pengupas jenis batu amril (abrassive roller) (Satake Owner Manual TM-05, Satake Engineering Co, LTD.).

Masing-masing contoh dikupas dengan menggunakan berbagai kecepatan putaran mesin, yaitu 750 rpm, 1060 rpm, 1150 rpm dan 1450 rpm dengan waktu pengupasan 10 detik, 15 detik, 20 detik, 25 detik dan 30 detik. Pengukuran kecepatan putaran mesin pengupas menggunakan tachometer. Kulit dan biji kedelai terkupas yang dihasilkan kemudian ditimbang untuk

mengetahui besarnya bagian biji yang dipisahkan dan besarnya rendemen.

Biji kedelai sebelum dan sesudah pengupasan ditentukan kandungan asam fitatnya untuk mengetahui besarnya penurunan kandungan asam fitatnya.

Rancangan percobaan yang digunakan adalah acak lengkap dengan dua faktor, yaitu rpm dan lama pengupasan.

Metoda Analisis

1. Kadar air

Kadar air ditentukan secara oven dengan metode AOAC (1970).

2. Asam Fitat

Asam fitat ditentukan dengan metoda Wheeler and Ferrel (1971), dengan urutan sebagai berikut :

- a. Kedelai terkupas dan kulit biji kedelai dari masing-masing perlakuan digiling dengan menggunakan penggiling Wiley Mill, Intermediate Model, Arthur M. Thomas Company, Philadelphia, P.A. 19105, USA, dengan menggunakan saringan berukuran 40 mesh.
- b. Masing-masing contoh ditimbang sebanyak 10 gram dimasukkan ke dalam erlenmeyer 125 ml, dan diberi 50 ml air suling, dan dilakukan ekstraksi selama 1 jam. Selanjutnya dipusingkan dengan gaya $1500 \times G$ selama 15 menit.
- c. Kemudian diambil 10 ml bagian yang bening dimasukkan ke dalam tabung reaksi 40 ml dan ditambah 4 ml $FeCl_3$ (3 Mg $FeCl_3$ per ml 3% TCA) secara cepat dan dipanaskan dalam penangas air selama 45 menit, kemudian

dipusingkan dengan gaya $1500 \times G$ selama 15 menit.

- d. Beningan dipisahkan dan endapan yang terbentuk dicuci dengan 25 ml 3% TCA, kemudian dipanaskan dan dipusingkan seperti di atas. Pencucian diulangi beberapa kali dan diulangi sekali lagi dengan air suling.
- e. Endapan yang diperoleh disemprot dengan beberapa ml air suling, kemudian ditambah 3 ml 1,5 N NaOH. Larutan tersebut diencerkan sehingga volumenya kira-kira 30 ml, kemudian dipanaskan dalam penangas air selama 30 menit. Setelah dingin disaring dengan kertas Whatman No. 2 dan endapan dicuci dengan 60 — 70 ml air panas dan filtratnya dibuang.
- f. Endapan yang diperoleh dilarutkan dalam 40 ml 3,2 N HNO_3 panas dan kertas saring dicuci dengan air suling panas. Setelah dingin, filtrat tersebut diencerkan menjadi 100 ml.
- g. Filtrat diambil sebanyak 10 ml dimasukkan ke dalam labu ukur 100 ml, ditambah 20 ml 1,5 N KSCN, kemudian diencerkan sampai tanda dan segera diamati serapannya dengan Shimadzu Digital Double Beam Spectrophotometer UV-210A pada panjang gelombang 480 nm.
- h. Kandungan Fe^{+++} dari ferri-fitat dalam contoh dapat dihitung berdasarkan serapan larutan standar $Fe(NO_3)_3 \cdot 9 H_2O$. Kandungan P fitat atau asam fitat dalam contoh dapat dihitung berdasarkan hasil perhitungan F^{+++} tersebut di atas dengan perbandingan molekul $4 Fe = 6 P$.

Hasil Dan Pembahasan

Pada percobaan ini, proses pengupasan kedelai dilakukan pada rpm 750

sampai rpm 1450 selama 10 detik sampai 30 detik. Meskipun kedelai yang diinginkan mempunyai kandungan asam fitat serendah mungkin, namun persentase bagian biji kedelai yang terpisahkan akibat proses pengupasan diharapkan serendah mungkin pula atau rendemen kedelai terkupas yang diperoleh setinggi mungkin.

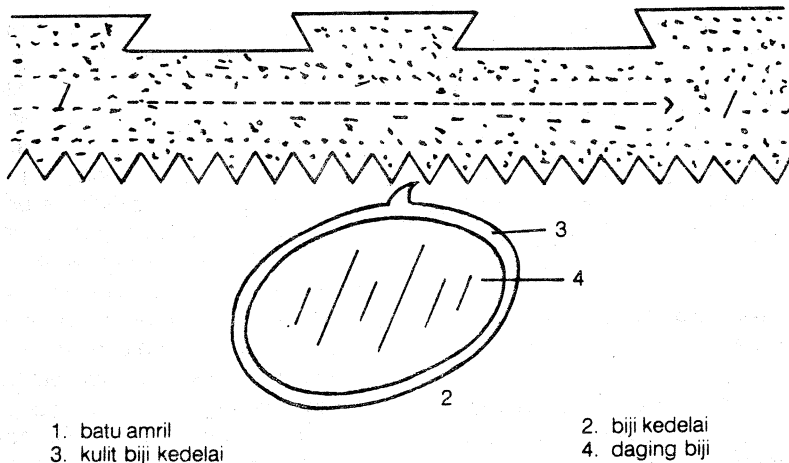
Rendemen dan Bagian Biji Kedelai yang Terpisahkan

Makin lama dilakukan proses pengupasan makin besar persentase bagian biji kedelai yang terpisahkan (Gambar 3). Sebaliknya makin lama proses pengupasan kedelai, makin kecil rendemen kedelai yang diperoleh (Gambar 2). Makin lama proses pengupasan kedelai, makin luas bagian permukaan kedelai yang terkikis batu amril, sehingga makin besar bagian biji kedelai yang terkupas. Pada prinsipnya mekanisme pengupasan kedelai ini dapat digambarkan seperti pada gambar 1. Akibat terpisahnya kulit biji dan lapisan aleuron dari biji kedelai tersebut, maka akan terpisah pula asam fitat yang ada di dalam lapisan aleuron dari biji kedelai. Dengan demikian kandungan asam fitat dalam biji kedelai setelah pengupasan menjadi menurun.

Kecepatan perputaran mesin pengupas (rpm) juga mempengaruhi besarnya bagian biji kedelai yang terpisahkan. Dalam waktu yang sama penggunaan mesin dengan rpm tinggi untuk pengupasan kedelai menyebabkan bagian biji kedelai yang terpisahkan menjadi lebih besar dibandingkan dengan penggunaan rpm rendah (Gambar 3). Dengan menggunakan rpm tinggi, berarti jumlah gesekan antara batu amril dengan biji kedelai menjadi lebih besar pula, sehingga bagian biji yang ter-

pisah menjadi lebih besar. Pada proses pengupasan kedelai yang menggunakan rpm tinggi dalam waktu yang sangat singkat, belum semua permukaan biji kedelai terkena gesekan batu amril, sehingga hanya pada sebagian permukaan kedelai yang mengalami gesekan batu amril. Begitu pula penggunaan rpm rendah dalam waktu yang singkat, hanya pada daerah tertentu dari permukaan biji kedelai yang mengalami beberapa kali gesekan dengan batu amril. Akibatnya bagian biji kedelai yang terpisahkan lebih kecil dibandingkan dengan yang menggunakan rpm tinggi (Gambar 3). Sebaliknya pengupasan kedelai yang menggunakan rpm tinggi dalam waktu yang cukup lama, luas permukaan biji kedelai yang terkikis batu amril menjadi lebih luas dan kesempatan batu amril bergesekan dengan permukaan biji kedelai menjadi lebih besar pula.

Bagian-bagian dari biji kedelai adalah kulit biji 8 persen, lembaga 2 persen dan daging biji 90 persen. Apabila dilakukan pengupasan yang lebih lama dari 30 detik, bagian daging biji yang ikut terkupas oleh batu amril menjadi lebih besar sehingga akan mengalami kerugian yang lebih besar. Proses pengupasan kedelai yang dilakukan selama 10 — 30 detik dengan menggunakan rpm, 1450, 1150, 1060 dan 750 menyebabkan bagian biji kedelai yang terpisahkan berturut-turut sebesar 11,39 — 20,38 persen, 5,57 — 18,36 persen, 5,16 — 17,90 persen dan 3,79 — 15,75 persen (Gambar 3). Ini berarti bahwa pengupasan kedelai selama 30 detik ada sebagian dari endosperm yang terkikis oleh batu amril, sehingga akan memperkecil rendemen dan menyebabkan kerugian.



Gambar 1. Proses pengupasan kedelai dengan mesin pengupas tipe batu amril (abrassive roller)

Kadar Asam Fitat

Kandungan asam fitat dalam biji kedelai sebelum dan sesudah proses pengupasan dapat dilihat pada Gambar 2. Makin lama mengalami proses pengupasan, makin rendah kandungan asam fitat kedelai yang dihasilkan, yang berarti persentase penurunan kandungan asam fitat kedelai makin besar (Gambar 3). Persentase penurunan kandungan asam fitat kedelai yang paling tinggi terjadi pada proses pengupasan kedelai yang dilakukan dengan rpm 750 (A4) selama 30 detik, yaitu sebesar 88,64 persen. Secara statistik penurunan kandungan asam fitat akibat perlakuan A4 selama 30 detik berbeda nyata dengan perlakuan A3, A2 dan A1.

Proses pengupasan kedelai yang dilakukan dengan rpm 1450 (A1) selama 10 detik sampai 30 detik dapat mengurangi

kandungan asam fitat kedelai sebesar 35,62 — 69,74 persen (Gambar 3). Tetapi pengupasan kedelai tersebut selama 10 — 30 detik memisahkan bagian biji kedelai sebesar 11,39 — 20,38 persen (Gambar 3). Ini berarti bahwa sudah ada bagian daging biji (Cotyledon) kedelai yang ikut terkikis oleh batu amril.

Proses pengupasan kedelai yang menggunakan rpm 1150 (A2) selama 10 — 30 detik dapat mengurangi kandungan asam fitat sebesar 29,27 — 87,42 persen (Gambar 3), sedang bagian biji kedelai yang terpisahkan sebesar 5,57 — 18,36 persen (Gambar 3). Proses pengupasan selama 15 — 30 detik, persentase penurunan kandungan asam fitat kedelai tersebut di atas ternyata lebih besar bila dibandingkan terhadap pengupasan pada rpm 1450, sedang persentase bagian biji kedelai yang terpisahkan adalah lebih rendah.

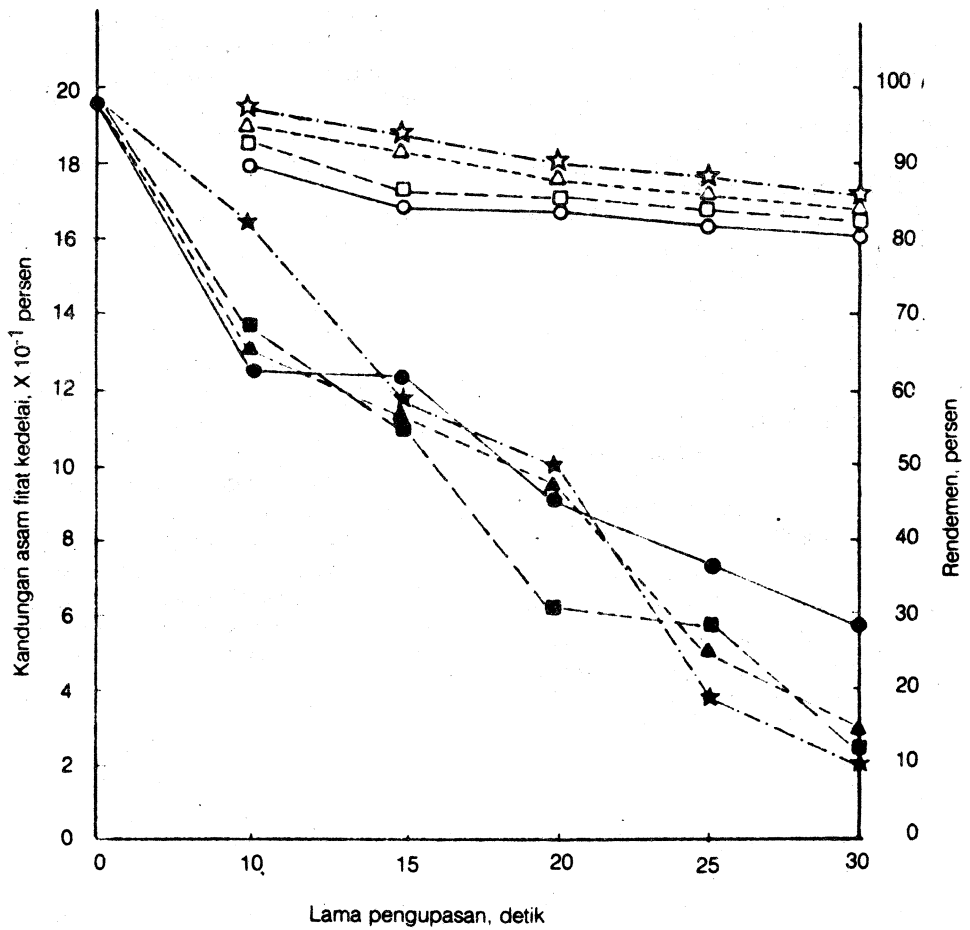
Proses pengupasan kedelai pada rpm 1060 (A3) selama 10 — 30 detik dapat mengurangi kandungan asam fitat sebesar 32,53 — 87,13 persen (Gambar 3). Penurunan kandungan asam fitat kedelai tersebut adalah lebih besar bila dibandingkan dengan pengupasan pada rpm 1150 dan 1450. Sebaliknya persentase bagian biji yang terpisahkan lebih rendah, yaitu 5,16 — 17,90 persen (Gambar 3). Ditinjau dari berat bagian biji kedelai yang terpisahkan pada pengupasan yang menggunakan rpm 1060 selama 10 — 15 detik, ternyata daging biji yang ikut terkikis oleh batu amril hanya sedikit. Tetapi apabila waktu pengupasan diperpanjang, maka bagian biji yang terkikis oleh batu amril menjadi lebih besar (Gambar 2 dan Gambar 3).

Penggunaan mesin pengupas dengan rpm 750 (A4) menyebabkan pengikisan pada permukaan biji kedelai lebih rata bila dibandingkan dengan penggunaan rpm 1150 dan 1450. Hal ini

akan tampak jelas bila dilihat pada irisan melintang biji kedelai terkupas dari masing-masing perlakuan. Pengupasan kedelai pada rpm 750 selama 10 detik menunjukkan bahwa belum ada bagian dari daging biji kedelai yang mulai terkikis oleh batu amril. Pada kenyataannya pengupasan rpm 750 selama 10 detik belum semua kulit biji terpisahkan.

Kesimpulan

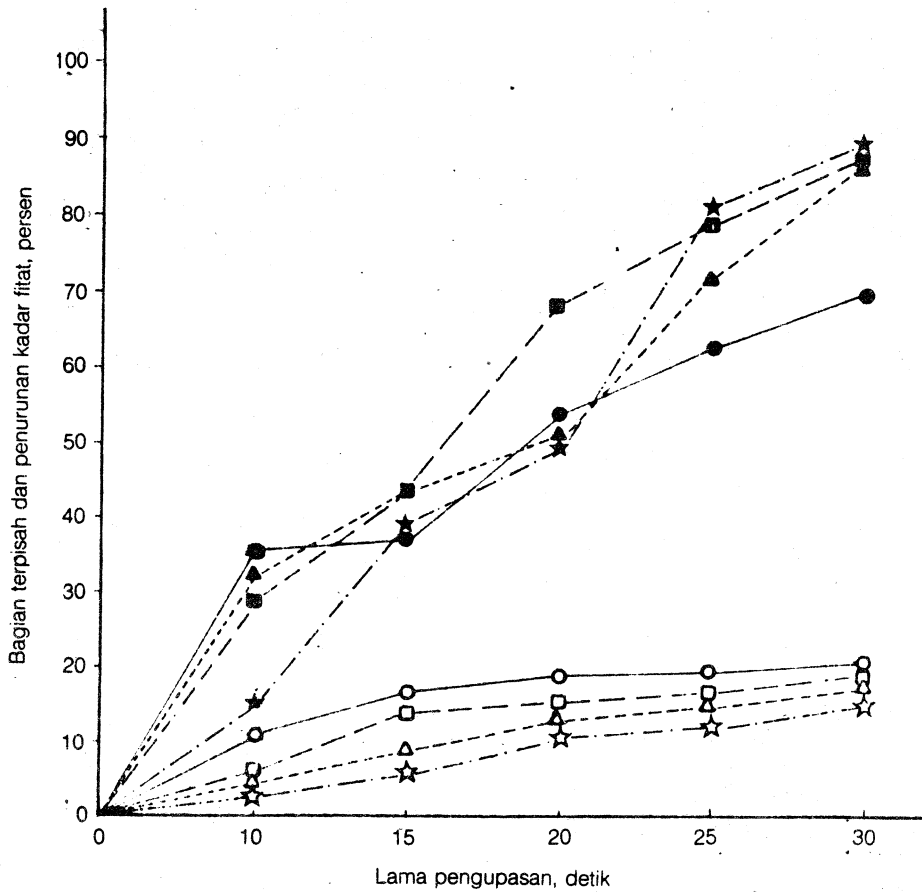
Asam fitat pada biji kedelai dapat dikurangi dengan memisahkan lapisan aleuron melalui proses pengupasan-penyosohan mekanik. Pengupasan penyosohan dengan mesin pengupas pada 750 rpm selama 25 detik mengurangi kandungan asam fitat sebesar 81 persen. Kombinasi kecepatan 750 rpm selama 25 detik merupakan kondisi paling efisien dalam mengurangi kandungan asam fitat kedelai.



Gambar 2. Kandungan asam fitat kedelai dan rendemen kedelai hasil pengupasan dengan Satake Owner Manual TM-05 pada berbagai kecepatan perputaran mesin (RPM) dan lama waktu pengupasan

- — ● : persentase kandungan asam fitat kedelai pada RPM 1450
- — ■ : persentase kandungan asam fitat kedelai pada RPM 1150
- ▲ — ▲ : persentase kandungan asam fitat kedelai pada RPM 1060
- ★ — ★ : persentase kandungan asam fitat kedelai pada RPM 750.

- — ○ : rendemen kedelai pada RPM 1450
- — □ : rendemen kedelai pada RPM 1150
- △ — △ : rendemen kedelai pada RPM 1060
- ☆ — ☆ : rendemen kedelai pada RPM 750



Gambar 2. **Persentase bagian kedelai yang terpisahkan dan penurunan kandungan asam fitat kedelai hasil pengupasan dengan Satake Owner Manual TM-05 pada berbagai perputaran mesin (RPM) dan lama waktu**

- — ● : persentase penurunan kandungan asam fitat kedelai pada RPM 1450
- — ■ : persentase penurunan kandungan asam fitat kedelai pada RPM 1150
- ▲ — ▲ : persentase penurunan kandungan asam fitat kedelai pada RPM 1060
- ★ — ★ : persentase penurunan kandungan asam fitat kedelai pada RPM 750.

- — ○ : persentase bagian kedelai yang terpisah pada RPM 1450
- — □ : persentase bagian kedelai yang terpisah pada RPM 1150
- △ — △ : persentase bagian kedelai yang terpisah pada RPM 1060
- ☆ — ☆ : persentase bagian kedelai yang terpisah pada RPM 750.

Daftar Pustaka

- Andersen, R.J., 1914. Concerning the Organic Phosphorus Acid of Cotton Seed Meal II. *J. Biol. Chem.*, 17 : 141 — 150.
- AOAC, 1970. *Official Method of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists*. William Horwitz Ed. 12th Edition, Washinton. 1015 p.
- Biswas, S.S., and B.B. Biswas, 1965. Enzymatic Syntesis of Guanosine Triphosphate. *Biochem. Biophys. Acta.*, 108 : 710 — 713.
- Brooks, J.R., and C.V. Morr, 1982. Phytate Removal from Soy Protein Isolates Using Ion Exchange Processing Treatment. *J. Food Sci.*, 47 : 1280 — 1282.
- Chang, R., S. Schimer and H. Buur, 1977. Phytate : Removal from Whole Dry Beans by Enzymatic Hydrolysis and Diffusion. *J. Food Sci.*, 42 : 1098 — 1101.
- Davies, N.T., and R. Nightingale, 1975. The effect of Phytate on Intestinal Absorption and Secretion of Zinc and Whole Retention of Zinc, Copper, Iron and Manganese in Rats. *Br. J. Nutr.*, 34 : 243 — 258.
- de Turk, E.E., and J.R. Hølbort and B.W. Hokw. 1933. Chemical Transformations of Phosphorus in the Growing Corn Plant with Results on Two First Generation Crosses. *J. Agric. Res.*, 46 : 121 — 141.
- Desphande, S.S., and M. Cheryan, 1984. Effects of Phytic Acid, Divalent Cations, and Their Interaction on Amylase Activity. *J. Food Sci.*, 49 : 516 — 524.
- Erdman, Jr. J.W. 1979. Oilseed Phytates : Nutritional Implications. *J. Am. Oil Chemists Soc.*, 56 : 736 — 741.
- Fardiaz, D., and P. Markakis, 1981. Degradation of Phytic Acid in Oncom (Fermented Peanut Presscake). *J. Food Sci.*, 46 : 523 — 525.
- Ford, J.R. G.C. Mustakas and R.D. Schmutz, 1978. Phytic Acid Removal from Soybeans by a Lipid-Protein Concentrate Process. *J. Am. Oil Chemists Soc.*, 55 : 371 — 374.
- Graf, E. 1983. Applications of Phytic Acid *J. Am. Oil Chemists Soc.* 60 : 1861 — 1867.
- Hall, J.R. and T.K. Hodges, 1966. Phosphorus Metabolism of germinating Oat Seeds. *Plant Physiol.*, 41 : 1459 — 1464.
- Harrison, H.A., V.M. and E. Mellanby, 1939. CCVIII. Phytic Acid and Ricketts Producing Action of Cereals. *Biochem. J.*, 33 : 1660 — 1680.
- Hartman, G.H., 1979. Removal of Phytate from Soy Protein *J. Am. Oil Chemists. Soc.*, 56 : 731 — 326.
- Honig, D.H., W.J. Wolf and J.J. Rackis, 1984. Phytic Acid and Phosphorus Content of Various Soybean protein Fractions. *Cereal Chemistry*, 61 : 523 — 526.
- Jaffe, G., 1981. Phytic Acid in Soybean. *J. Am. Oil Chemists. Soc.*, 58 : 493 — 495.
- Johansen, D.A., 1940. *Plant Microtechnique*. McGraw-Hill Book Company, Inch. New York. 523 p.
- Kumar, K.G., L.V. Venkataraman, T.V. Jaya and Krishnamurty, 1978. Cooking Characteristics of Some Germinated

- Legumes : Changes in Phytin, Ca, Mg and Pectins, J. Food Sci. 43 : 85 — 88.
- Lease, J.G., 1966. The effect of Autoclaving Sesame Meal on its Phytic Acid Content and on the Availability of its Zinc to the chick. Poultry Sci. 45 : 237 — 241.
- McCance, R.A., and Widdowson, 1935. Phytin in Human Nutrition. *Biochem. J.* 29 : 2694 — 2699.
- Oberlease, D., M.E. Muhrer and B.L. O'Dell, 1966. The Availability of Zinc from foodstuff. In : *Zinc Metabolism* p. 56 — 61 Charles C. Thomas Publishers Springfield. Il. Ed. Prasad. A.S. 223 p.
- Oberleas, D., 1973. Phytates. In : *Toxicants Occuring Naturally in Food*. p. 363 — 371. National Academic of Science Washington, D.C.
- O'Dell, B.L., J.M.E. Savage, 1960. Effect of Phytic Acid on Zinc Availability. *Proc. Soc. Exp. Biol. Med.*, 103 : 304 — 305.
- O'Dell, B.L. and A.R. de Boland, 1976. Complexation of Phytate Meals. *J. Agric. Food Chem.*, 24 : 804 — 808.
- Omosaiye, O., and M. Cheryan, 1979. Low-Phytate, Full-Fat Soy Protein Product by Ultrafiltration of Aqueous extraction of Whole Soybean. *Cereal Chem.*, 56 : 58 — 62.
- Reddy, N.R., C.V. Balakrishnan and D.K., Salunkhe, 1978. Phytate Phosphorus and Mineral Changes During Germination and Cooking of Black gram (*Phaseolus mungo*) Seeds. *J. Food Sci.*, 43 : 540 — 543.
- Reddy, N.R. and D.K. Salunkhe, 1981. Interaction between Phytate, Protein and Minerals in Whey Fraction of Black Gram. *J. Food. Sci.*, 46 : 564 — 570.
- Smith, A.K., and J.J. Rackis, 1957. Phytin Elimination in Soybean Protein Isolation. *J. Amer. Chem. Soc.*, 79 : 633 — 637.
- Sudarmadji, S., and M.A. Radionova, 1977. The Phytate and Phytase of Soybean tempeh. *J. Sci.*, 45 : 406 — 408.
- Tabekhia, M.M., and B.S. Luh, 1980. Effect of Germination Cooking and Canning on Phosphorus and Phytate Retention in Dry Beans. *J. Food. Sci.*, 406 — 408.
- Wheeler, E.L., and R.E. Ferrel, 1971. A Method for Phytic Acid Determination in Wheat and Wheat Fractions. *Cereal Chem*, 48 : 312 — 320.
- Williams, S.G., 1970. The Role of Phytic Acid in the Wheat Grain. *Plant Physiol.*, 45 : 376 — 381.