

## THE EFFECT OF PECTIC SUBSTANCES, HEMICELLULOSE, LIGNIN AND CELLULOSE CONTENT TO THE PERCENTAGE OF BOUND IRON BY DIETARY FIBER MACROMOLECULES: ACIDITY AND LENGTH BOILING TIME VARIATION

*Pengaruh Kadar Pektat, Hemiselulosa, Lignin, dan Selulosa Terhadap Persentase Fe terikat oleh Makromolekul Serat Pangan: Variasi pH dan Lama Perebusan*

Leny Yuanita\*

Chemistry Department, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Surabaya State University, Surabaya, Indonesia

Received 1 March 2006; Accepted 4 July 2006

### ABSTRACT

The aim of the study is to find the effect of dietary fiber components content to the percentage of bound iron by dietary fiber macromolecules at acidity and length of boiling time variation. Yard long bean super green variety as dietary fiber sources. The factorial design was applied at pH 4 and 7 with boiling time of 0 (raw), 5, 15, and 25 minutes; the content of dietary fiber components and percentage bound iron as dependent variables. Two way analysis of variance, least significant difference, and multiple regression analysis were applied. Significance level ( $\alpha$ ) = 5%. The results of the study reveal that acidity, length of boiling time, and its interaction have effect to the bound iron, but have no effect on pectic substances, hemicellulose and lignin. Decreasing pH and increasing boiling time will increase in cellulose, due to the formation of resistant starch. The content of dietary fiber components has no effect on percentage bound iron; pectic substances and hemicellulose have positif effect, while lignin and cellulose have negatif effect on percentage bound iron.

**Keywords:** pectic substances, hemicellulose, lignin, cellulose, bound iron.

### PENDAHULUAN

Dinding sel terdiri dari tiga lapisan yang berbeda yaitu dinding sel pertama, kedua dan lapisan antar sel (*middle lamella*). Kandungan utama dinding sel pertama adalah polisakarida hemiselulosa, selulosa, senyawa pektat dan beberapa glikoprotein; pada dinding sel kedua adalah selulosa, lignin dan hemiselulosa; sedangkan pada *middle lamella* adalah senyawa pektat. Hal ini berarti komponen utama serat pangan adalah selulosa, hemiselulosa, lignin dan senyawa pektat, sedangkan komponen lainnya seperti glikoprotein, glikolipid, musilase, fitat terdapat dalam jumlah kecil.

Masing-masing komponen serat pangan memiliki sifat berbeda pada perlakuan pH dan perebusan. Hemiselulosa bersifat stabil pada perebusan tetapi terhidrolisis dalam medium asam atau alkalis. Selulosa juga tidak terpengaruh oleh perebusan pada pH netral; tetapi asam atau basa dan temperatur tinggi dapat melabihkan ikatan antar rantai selulosa, tergantung kekuatan asam basa. Senyawa pektat mengalami degradasi eliminasi- $\beta$  dan deesterifikasi pada kondisi netral atau alkalis; dan hidrolisis ikatan glikosidik  $\alpha$ -1,4 pada kondisi pH < 3. Berbeda dengan komponen serat pangan yang lain, lignin bukan senyawa karbohidrat melainkan polimer aromatis kompleks yang terdiri dari unit-unit fenil propana. Ikatan pada lignin bersifat tahan terhadap hidrolisis asam atau alkalis.

Materi dinding sel tanaman merupakan struktur makromolekul yang terbentuk dari beragam rantai polimer dengan konstituen polimer yang mengandung sejumlah gugus fungsional, mempunyai kapasitas penukar ion, hidrasi dan adsorpsi molekul organik. Menurut Laszlo [1], makromolekul matriks serat sebagai substrat mempunyai kapasitas dan spesifitas untuk berasosiasi dengan ion logam. Terdapatnya sifat penukar kation ini memungkinkan terjadinya kompleks serat pangan dengan logam sehingga menurunkan ketersediaan untuk absorpsinya [2]. Kacang panjang sebagai sumber serat pangan juga mengandung berbagai konstituen yang dapat berikatan dengan Fe, antara lain sakarida, protein, asam-asam organik dan fitat. Hasil ikatan antara Fe dengan konstituen tersebut memberi pengaruh terhadap pengikatan Fe oleh serat pangan sehingga menghambat atau mendorong absorpsi Fe bukan hem.

Pengikatan mineral Fe oleh serat pangan merupakan penyebab utama penurunan absorpsi dan ketersediaan hayati mineral Fe. Pengikatan mineral oleh serat pangan dipengaruhi oleh pH medium, sumber, tipe serat, konsentrasi serat dan mineral, proses pengolahan, dan adanya zat yang menghambat atau meningkatkan pengikatan mineral. Pengaruh tersebut berhubungan dengan kestabilan ikatan antar monomer dan polimer komponen serat pangan serta konstituen lain pada pemanasan, serta sifat ionisasi

\* Email address : kimia\_unesa@yahoo.com

spesifik dari gugus fungsional hidroksil dan karboksil pada derajat keasaman tertentu.

Serat pangan mengandung beberapa gugus fungsional antara lain gugus hidroksil, karboksil, karbonil, ester dan eter. Fe dapat berikatan dengan komponen serat pangan membentuk kompleks kelat melalui ikatan koordinasi dengan oksigen dari gugus fungsional. Gugus fungsional hidroksil dan karboksil mempunyai sifat ionisasi yang spesifik pada kondisi asam, netral atau alkalis. Hasil analisis menunjukkan bahwa penurunan pH dan peningkatan lama perebusan pada kacang panjang, mengakibatkan peningkatan derajat keasaman total dari ionisasi gugus hidroksil dan karboksil [3].

Berdasarkan latar belakang tersebut maka penelitian ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana pengaruh kadar komponen serat pangan (selulosa, hemiselulosa, lignin dan pektat) terhadap persentase Fe terikat oleh makromolekul serat pangan pada variasi pH dan lama perebusan.

## METODE PENELITIAN

### Bahan

Bahan utama berupa sayur kacang panjang varietas hijau super usia panen. Sayur kacang panjang diperoleh secara *random sampling* dari populasi kacang panjang (*Vigna sesquipedalis* (L) Fruhw) varietas hijau super dan berkualitas baik pada usia panen. Bahan yang digunakan adalah aquabides dan buffer sitrat pH 4 bebas Fe,  $\alpha$  amilase (termamyl 120-L NOVO),  $H_2SO_4$  pekat, EDTA-4Na, EDTA-2Na,  $Na_2B_4O_7 \cdot 10 H_2O$ ,  $Na_2HPO_4$ , natrium lauril sulfat, 2-etoksi etanol, aseton, setil trimetil amonium bromida, buffer fosfat pH 7, o-hidroksidifenil, asam galakturonat standar, asam asetat, pektinase dari *Aspergillus oryzae*, pepsin (Sigma P7000), pankreatin (Sigma P1750), ekstrak bile (Sigma B8631),  $NaHCO_3$ , TCA, HCl pekat, larutan standar Fe,  $NaCH_3COO$ , KOH, hidroksil amonium klorida, natrium disulfonat batofenantrolin (Sigma B1375).

### Alat

Alat yang digunakan adalah inkubator 40 °C, oven dan tanur listrik, pendingin tegak, filter gelas 2G-3 dan 2G-4, *vortex-mixer*, penangas air, dan spektrofotometer sinar tampak (vis 6000 Kruss), pH meter, membran dialisis Spektra/Por (6-8000 MWCO, Fisher), sentrifus 3400 rpm, ultrasentrifus dan *shaker water bath* (SWB 20, Haake), SSA.

### Prosedur Kerja

Rancangan penelitian yang digunakan adalah rancangan eksperimen murni (*True-experimental*) di

laboratorium, yaitu rancangan faktorial 2 x 4. Faktor pertama adalah derajat keasaman (pH) medium, yaitu 4 dan 7. Faktor kedua adalah waktu lama perebusan, yaitu 0 menit (tanpa perebusan atau mentah), 5, 15 dan 25 menit. Variabel terikat adalah kadar komponen serat pangan dan persentase Fe terikat.

Kacang panjang varietas hijau super dengan usia panen dan kualitas baik, diambil secara random dan dipotong @ 4 cm. Kemudian dibagi dalam 8 kelompok dan masing-masing diberi perlakuan (P) dengan kombinasi pH medium dan lama perebusan  $P_0$ ,  $P_1$ ,  $P_2$ , ...,  $P_7$ .  $P_0$  adalah penambahan aquabides pH 7 dan tanpa perebusan,  $P_4$  adalah penambahan buffer pH 4 dan tanpa perebusan; sedangkan  $P_1$ - $P_3$  dan  $P_5$ - $P_7$  masing-masing perlakuan kombinasi pH (pH 4 dan 7) dan lama perebusan (5, 15 dan 25 menit).

Hasil perlakuan dihancurkan dengan *juicer* dan dikering-bekukan beserta medium maupun air rebusan, dicampur agar homogen dan digiling hingga lolos dari ayakan 100 mesh. Analisis kadar komponen menggunakan metode ADF (*Acid Detergent Fiber*) dan NDF (*Neutral Detergent Fiber*) untuk hemiselulosa, metode Klason untuk lignin dan selulosa, serta metode spektrofotometri untuk senyawa pektat. Analisis Fe terikat menggunakan prosedur Miller [4].

Untuk menguji pengaruh pH, lama perebusan dan interaksinya terhadap masing-masing kadar komponen serat pangan serta Fe terikat, digunakan analisis varians dua jalur. Untuk menguji pengaruh kadar selulosa, hemiselulosa, lignin dan pektat terhadap persentase Fe terikat digunakan analisis hubungan antar variabel yaitu uji regresi berganda; sedangkan untuk pengaruh masing-masing kadar komponen serat pangan terhadap persentase Fe terikat digunakan uji regresi linier sederhana. Tingkat kemaknaan uji ( $\alpha$ ) = 0,05.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil analisis varians untuk pengaruh pH dan lama perebusan terhadap kadar masing-masing komponen serat pangan dan persentase Fe terikat terdapat pada Tabel 1-5; sedangkan analisis regresi pengaruh kadar komponen serat pangan terhadap Fe terikat pada Tabel 6. Kadar komponen serat pangan dinyatakan dalam persentase bobot kering sampel.

Pada Tabel 1 terdapat ketidakbermaknaan pengaruh pH dan lama perebusan terhadap kadar senyawa pektat, disebabkan hal-hal berikut. Senyawa pektat bersifat stabil pada pH 3-4, dan pada pH < 3-4 terjadi hidrolisis asam pada rantai samping. Pada penelitian ini pH medium untuk kondisi asam adalah 4. Derajat keasaman matriks kacang panjang  $\pm 6$ , dan pada perlakuan pH 4 diperoleh pH medium matriks kacang panjang 4-5; dengan demikian pada penurunan

pH yaitu kondisi medium pH 4 tanpa perebusan, belum terjadi reaksi depolimerisasi pektat.

Pada perebusan dengan medium pH 4 didapatkan pH medium matriks kacang panjang adalah 4-5, sedangkan pada pH 7 didapatkan pH medium matriks kacang panjang adalah 6-7. Krall [5] mengemukakan bahwa pada proses pemasakan kondisi asam, senyawa pektat terdegradasi menjadi senyawa-senyawa dengan  $M_r$  yang lebih rendah melalui degradasi ikatan glikosidik dari polisakarida netral dan asam poligalakturonat; sedangkan menurut Voragen [6], pada pH 5 dan suhu 115 °C ternyata hanya 38% ikatan glikosidik yang mengalami degradasi eliminasi- $\beta$ ; sedangkan pada pH > 5 dan suhu > 60 °C akan terjadi hidrolisis asam. Hasil penelitian pada peningkatan lama perebusan pada pH 4 dan 7 menunjukkan penurunan pektat yang tidak bermakna; dengan demikian berarti bahwa pada

perebusan 100 °C dengan pH 4 maupun 7, pektin dan senyawa pektat yang lain belum terdepolimerisasi secara sempurna.

Hemiselulosa utama pada dinding sel pertama sayuran adalah xiloglukan dan glukuronoxilan, sedangkan pada dinding sel kedua adalah glukuronoxilan [7]. Menurut Sjostrom [8], rantai cabang pada ksiloglukan lebih mudah terhidrolisis daripada rantai utama, sedangkan glukuronoksilan dapat terhidrolisis dalam medium asam pada ikatan glikosidik antar ksilosa. Selain itu, hemiselulosa mempunyai kemampuan yang besar mengikat molekul air, sehingga sulit terdenaturasi pada suhu tinggi. Hal ini sesuai dengan yang didapatkan oleh Matthee dan Appledorf [9], bahwa lama perebusan pada pH 7 tidak mempengaruhi kadar hemiselulosa berbagai sayur.

**Tabel 1.** Rerata kadar pektat (pengaruh pH dan lama perebusan)

pH	Lama perebusan (menit)				Nilai	
	0	5	15	25	F	p
7	6,909	5,823	6,843	6,712	0,250	0,620
4	6,679	6,185	6,546	6,251		
F,p	F= 1.327;p= 0.281				0,599	0,752

**Tabel 2.** Rerata kadar hemiselulosa (pengaruh pH dan lama perebusan)

pH	Lama perebusan (menit)				Nilai	
	0	5	15	25	F	p
7	23,572	22,757	21,767	22,478	1,884	0,178
4	22,414	22,108	21,660	21,687		
F,p	F= 1.203;p= 0.323				0,799	0,594

**Tabel 3.** Rerata kadar lignin (pengaruh pH dan lama perebusan)

pH	Lama perebusan (menit)				Nilai	
	0	5	15	25	F	p
7	5,318	5,570	5,870	5,728	0,881	0,354
4	5,700	5,806	5,736	5,844		
F,p	F= 0.685;p= 0.567				0,577	0,769

**Tabel 4.** Rerata kadar selulosa (pengaruh pH dan lama perebusan)

pH	Lama perebusan (menit)				Nilai	
	0	5	15	25	F	p
7	14,206 <sup>a</sup>	19,070 <sup>bd</sup>	19,610 <sup>b</sup>	20,052 <sup>bc</sup>	0,132	0,718
4	14,428 <sup>a</sup>	17,862 <sup>d</sup>	20,286 <sup>bc</sup>	21,128 <sup>b</sup>		
F,p	F= 63.222; p= 0.000				33,595	0,000

Keterangan: Tanda huruf yang berbeda pada kolom dan baris yang sama menunjukkan perbedaan yang bermakna ( $p < 0,05$ )

**Tabel 5.** Persentase Fe terikat (pengaruh pH dan lama perebusan)

pH	Lama Perebusan (menit)				Nilai	
	0	5	15	25	F	p
7	85,926 <sup>b</sup>	79,890 <sup>af</sup>	81,478 <sup>e</sup>	75,707 <sup>d</sup>	3,769	0,057
4	80,814 <sup>ae</sup>	79,719 <sup>ac</sup>	78,583 <sup>cf</sup>	78,402 <sup>c</sup>		
F,p	F= 24,421; p= 0.000				31,327	0,000

Keterangan: Tanda huruf yang berbeda pada kolom dan baris yang sama menunjukkan perbedaan yang bermakna ( $p < 0,05$ ).

**Tabel 6.** Pengaruh kadar serat pangan terhadap persentase Fe terikat

Variabel	df	Koef. regresi $\beta$	T	p
Pektat	1	2,712	0,899	0,403
Hemiselulosa	1	2,688	1,755	0,130
Lignin	1	- 10,757	-2,119	0,078
Selulosa	1	- 0,818	-2,657	0,038

F = 1,422; df = 4; p = 0,402

Molekul air yang terikat pada hemiselulosa merupakan penghalang bagi afinitas asam ( $H^+$ ), terutama bagi asam-asam organik yang kemampuan ionisasinya lemah. Oleh karenanya pada Tabel 2 didapatkan penurunan pH dan peningkatan lama perebusan kacang panjang menghasilkan penurunan hemiselulosa yang tidak bermakna.

Tabel 3 menunjukkan bahwa penurunan pH dan peningkatan lama perebusan tidak berpengaruh terhadap kadar lignin, akibat kestabilan ikatan senyawa lignin pada perlakuan penelitian. Lignin mempunyai kelarutan yang sangat rendah dalam kebanyakan pelarut, tahan terhadap hidrolisis asam kuat atau alkali; bahkan tidak terdegradasi oleh bakteri dalam kolon. Sifat ketahanan lignin terhadap berbagai hidrolisis disebabkan antar subunit lignin berikatan dengan stabilitas yang tinggi, yaitu ikatan  $-C-O-C-$  dan  $-C-C-$  [10]. Terdapatnya peningkatan kadar lignin pada penurunan pH dan peningkatan lama perebusan disebabkan terbentuknya "benda lignin" yang terukur sebagai lignin. Menurut Dreher [11], akibat pengaruh panas atau asam maka senyawa-senyawa fenol jaringan tanaman (misal : asam ferulat, khlorogenat) membentuk ikatan silang, berikatan ester dengan polisakarida dinding sel dan membentuk "benda lignin". Selain daripada itu juga terjadi ikatan protein dan sakarida pada proses pemasakan akan membentuk melanoidin yang tak larut, dan disebut senyawa Mailard; senyawa ini akan meningkatkan kadar lignin bahan pangan. Suyitno [12] mengemukakan bahwa jika tanin kental (*condensed tannin*) yang terbentuk dari polimerisasi unit flavonoida-leukosianidin dan katekin belum terekstraksi oleh larutan detergen atau alkali pada prosedur Klason lignin atau metode estimasi lignin yang lain, maka akan terdeteksi sebagai lignin. Kenaikan kadar lignin pada perebusan sayur juga disebabkan terbentuknya kondensasi protein tanin yang tak tercerna dan asosiasi dengan lignin [7, 9].

Tabel 4 menunjukkan bahwa perlakuan lama perebusan, interaksi pH dan lama perebusan berpengaruh terhadap kadar selulosa; peningkatan lama perebusan medium pH 7 maupun 4 mengakibatkan peningkatan kadar selulosa. Di dalam berbagai pelarut air, asam dan basa, selulosa akan mengalami pembengkakan; asam dan basa mampu melabikan ikatan antar rantai selulosa, pada medium asam encer akan sedikit terhidrolisis. Menurut Belitz dan Grosch [13], asam dan basa mampu melabikan ikatan antar

rantai selulosa, sedangkan degradasi  $\beta$ -1,4 akan terjadi jika dilakukan pada pemanasan dengan asam kuat atau konsentrasi tinggi; dengan demikian berarti bahwa pada kondisi perlakuan perebusan pH 4 dengan buffer sitrat belum terjadi hidrolisis asam tetapi terjadi pengurangan kestabilan ikatan.

Menurut Marle [14], kondisi penyimpanan dingin terhadap pati yang tergelatinisasi dan pengering-bekuan dalam medium perebusan sangat menguntungkan terjadinya perubahan dari pati terlarut menjadi pati tidak tercerna (*resistant starch*) yang bersifat tak larut dan tak dapat didegradasi oleh amilase; terutama pada pati yang kandungan amilosanya tinggi. Hal ini disebabkan pada kondisi tersebut terbentuk ikatan hidrogen yang kuat antar molekul amilosa atau antara amilosa dan amilopektin [12]. Di samping itu peningkatan terbukanya dinding sel akan mengakibatkan pembebasan pati dan lipida yang lebih efektif, sehingga selama proses perebusan juga terbentuk senyawa kompleks hasil ikatan pati dan lipida yang bersifat sebagai pati tidak tercerna [7]. Arti peningkatan kadar selulosa dalam penelitian ini pada perebusan pH 4 maupun pH 7 adalah akibat meningkatnya kadar pati tidak tercerna yang terukur sebagai selulosa. Pada proses perebusan pH 4, medium asam mempermudah denaturasi protein dinding sel, sehingga pembentukan pati tidak tercerna bersifat lebih dominan daripada perubahan kestabilan ikatan. Oleh karenanya perubahan dinding sel dan pembentukan pati tidak tercerna pada pH 4 lebih berarti daripada pH 7, dan "selulosa yang terukur" pada pH 4 lebih besar daripada pH 7.

Sesuai dengan Thed dan Philips [15], mendapatkan bahwa perebusan terhadap kentang akan meningkatkan serat tak larut, yang dikemukakan sebagai akibat pembentukan senyawa "seperti lignin" dan "pati tak tercerna" yang termodifikasi. Nyman [16] juga mendapatkan peningkatan serat pangan total pada pemasakan berbagai jenis sayur; hal ini disebabkan terbentuknya senyawa-senyawa bukan serat yang merupakan hasil pemecahan ikatan glikosidik pada polisakarida serat pangan.

Tabel 5 menunjukkan interaksi pH dan lama perebusan berpengaruh terhadap persentase Fe terikat. Penurunan pH dan peningkatan lama perebusan menyebabkan penurunan persentase Fe terikat. Penurunan Fe terikat pada perebusan dengan medium pH 4 dan 7 disebabkan meningkatnya

hidrolisis ikatan glikosidik pektat pada pH 4 dan eliminasi- $\beta$  pada pH 7, hidrolisis asam terhadap hemiselulosa, kelabilan ikatan antar rantai selulosa, sedangkan perubahan jumlah Fe terikat oleh lignin pada perebusan akibat terjadinya perubahan faktor sterik struktur lignin [17]. Perubahan ikatan antar monomer dan polimer tersebut mengakibatkan perubahan jarak letak gugus-gugus fungsional yang mampu berikatan dengan Fe, sehingga menurunkan Fe terikat.

Pada perebusan terjadi perubahan inositol-pentafosfat dan inositolheksafosfat menjadi inositoltetrafosfat dan trifosfat, dan membentuk kompleks larut dengan Fe(III) [18]. Protein mengalami denaturasi pada perebusan (terutama pada pH 4), sehingga protein lebih rentan terhidrolisis oleh enzim proteolitik menjadi asam amino atau peptida. Hasil hidrolisis ini berikatan dengan Fe(III) membentuk kompleks larut dan bobot molekul rendah [19]. Pada proses perebusan kondisi pH asam, terjadi pula reaksi antara fruktosa dan glukosa membentuk diasetilformosin dan berbagai senyawa hasil antara yang disebut senyawa reduktan. Senyawa ini dapat mereduksi Fe(III) menjadi Fe(II), sehingga hasil perlakuan perebusan pada pH 4 akan menghasilkan Fe terikat yang lebih rendah daripada pH 7.

Hasil analisis regresi ganda (Tabel 6) menunjukkan bahwa kadar komponen serat pangan secara bersama-sama tidak berpengaruh terhadap persentase Fe terikat. Hal ini disebabkan ketidaksesuaian kecenderungan hubungan keempat komponen serat pangan terhadap persentase Fe terikat; sehingga diperoleh koefisien regresi positif dan negatif. Koefisien regresi positif untuk kadar senyawa pektat dan hemiselulosa sedangkan negatif untuk kadar selulosa dan lignin terhadap persentase Fe terikat.

Hasil analisis regresi untuk melihat pengaruh masing-masing kadar komponen serat pangan terhadap persentase Fe terikat pada Tabel 6, menunjukkan bahwa tiap kadar komponen serat pangan mempunyai pengaruh yang berbeda terhadap persentase Fe terikat. Kadar senyawa pektat dan hemiselulosa berpengaruh positif, sedangkan lignin dan selulosa berpengaruh negatif terhadap persentase Fe terikat. Hal ini berarti bahwa persentase Fe terikat akan meningkat apabila kadar senyawa pektat atau hemiselulosa meningkat, walaupun tidak bermakna. Senyawa pektat mempunyai pengaruh yang lebih besar terhadap persentase Fe terikat daripada hemiselulosa. Di samping itu persentase Fe terikat juga akan meningkat apabila kadar selulosa atau lignin turun. Pengaruh selulosa terhadap persentase Fe terikat adalah bermakna, sedangkan untuk lignin tak bermakna.

Terjadinya penurunan kadar pektat dan hemiselulosa menunjukkan pula terbentuknya keadaan yang kurang menguntungkan bagi gugus fungsional hidroksil, karboksil, karbonil dan oksigen glikosidik

untuk berikatan dengan Fe(III), sehingga menurunkan persentase Fe terikat.

Pada penelitian ini, meningkatnya kadar lignin dan selulosa terjadi pada perebusan akibat terbentuknya "benda lignin" dan "pati tidak tercerna". Hal ini berarti peningkatan kadar lignin dan selulosa yang terukur tidak menggambarkan kadar yang sesungguhnya. Oleh karenanya peningkatan kadar lignin dan selulosa tidak diikuti dengan persentase Fe terikat. Keadaan tersebut mengakibatkan diperolehnya koefisien regresi yang negatif.

Walaupun hasil analisis pada Tabel 6 menunjukkan bahwa kadar komponen serat pangan tidak berpengaruh terhadap persentase Fe terikat, tetapi perubahan struktur, kestabilan ikatan dan ionisasi gugus fungsional yang terjadi akibat perubahan pH dan perebusan, sangat mempengaruhi pengikatan Fe. Hal ini terlihat dari persentase Fe terikat yang berubah secara bermakna (Tabel 5), serta perubahan harga konstanta stabilitas efektif dan konstanta adsorpsi [3].

## KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian didapatkan bahwa pada variasi pH dan lama perebusan, kadar komponen serat pangan tidak berpengaruh terhadap persentase Fe terikat, akibat terbentuknya senyawa bukan serat pangan yaitu benda lignin dan pati tak tercerna. Oleh karenanya disarankan penelitian lanjut terhadap pengaruhnya di dalam tubuh.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Disampaikan terima kasih kepada yang terhormat Prof. Purnomo Suryohudoyo, dr. dan Prof. Dr. Ami Soewandi J.S., atas bimbingannya pada pelaksanaan hingga penyusunan laporan penelitian ini

## DAFTAR PUSTAKA

1. Laszlo, J.A., 1987, *J. Agric. Food Chem.*, 35, 593-600.
2. Reinhold, J.G., Garcia P.M., Amado, L.A., and Garzon, P., 1982, *Dietary Fiber-Iron Interactions*. In : *Dietary Fiber in Health and Disease*. Edited by Vahouny GV and Kritchevsky D : 117 - 132. Plenum Press, New York.
3. Yuanita, L., 2004, *Pengikatan Fe oleh Serat Pangan Kacang Panjang pada Kombinasi Derajat Keasaman dan Lama Perebusan*. *Prosiding Seminar Nasional Kimia VI*. Yogyakarta 10 Agustus 2004
4. Miller, D.D., Schrickler, B.R., Rasmussen, R.R., and Van Campen D, 1981, *Am. J. Clin. Nut.* 34, 2248 - 2256.

5. Krall, S.M. and Fetters, R.F.M., 1998, *J. Agric. Food Chem*, 49, 1311 - 1315
6. Voragen, A.G.J. and Pilnik, W., 1995. Pectins. In : *Food Polysaccharides and Their Applications*, Edited by Stephen AM : 287 – 339.
7. Dougall, G.J., Morrison, I.M., Stewart, D., Hillman, J.R., 1996, *J. Sci. Food Agric*, 70, 133-150.
8. Sjostrom, E., 1993, *Kimia Kayu. Dasar-Dasar dan Penggunaan* (Terj: Hardjono S & Soenardi P), Gajah Mada University Press, Yogyakarta
9. Mathee, V. and Appledorf, H., 1978, *J. Food Sci*, 43, 1344 – 1345.
10. Theander, O., 1979, The Chemistry, Morphology and Analysis of Dietary Fiber Components, In : *Dietary Fibers : Chemistry and Nutrition*, Edited by Inglett GE, Falkehag SI : 215 – 244.
11. Dreher, M.L., 1987. *Handbook of Dietary Fiber*, Marcel Dekker Inc., New York
12. Suyitno, 1992, *Serat Makanan* (Bahan Ajar), PAU Pangan dan Gizi UGM, Yogyakarta
13. Belitz, H.D. and Grosch, W., 1987, *Food Chemistry*, Springer-Verlag, Berlin.
14. Marle, J.T., Smith, T.S., Donkers, J., van Dijk, C., Voragen, A.G.J., and Recourt, K., 1997, *J. Agric. Food Chem*, 45, 50 – 58.
15. Thed ST and Philips, R.D., 1995, *Food Chem*, 52, 301 – 304.
16. Nyman, M., 1995, *Eu. J. Clin. Nut.*, 49, s 215- s 218
17. Camire, A. L. and Clydesdale, F.M., 1981, *J. Food Sci*, 46, 548 – 551.
18. Valencia, S., Svanberg, U., Sanberg, A.S. and Ruales, J., 1999, *Intrn. J. Food Sci. Nutr*, 50 (3), 203-211.
19. Kapanidis, A.N. and Chinglee, T., 1995, *J. Food Sci.*, 60 (1), 128-131.