

AKTIVITAS ANTIOKSIDAN FRAKSI-FRAKSI MODEL DARI PRODUK REAKSI MAILLARD

Dedin F. Rosida¹⁾, Wijaya CH²⁾, Apriyantono A²⁾ and Zakaria FR²⁾

¹⁾ Program Studi Teknologi Pangan, UPN "Veteran" Jawa-Timur
²⁾ Departemen Ilmu and Teknologi Pangan, IPB-Bogor

ABSTRACT

The oxidative browning is considered to have a contribute to the flavor, antioxidative activity and color of food. As a result of this Maillard reaction, a variety of by products, intermediates and brown pigments (melanoidins) are produced. The objectives of this research was to study the effect of heating and sugar addition of Model to antioxidant activity.

The research is model system of Maillard reaction products were too made from sugar and amino acids and adjusted to the soysauce preparation. The model contents of glucose – glycine - cysteine; glucose – glycine – cysteine - phenylalanine; glucose – glycine – cysteine – phenylalanine – isoleucine - tyrosine. The model were fractionated into molecular weight of 10 kDa – 100 kDa by ultrafiltration. The fractions were characterized by spectra profile of ultraviolet-visible. The antioxidant of fractions activity was evaluated by rancimat, DPPH(1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl), TBA value, ferric thio cyanate and hemolysis of erythrocyte methods.

The fractions of model can retard oxidation of oil and had DPPH radical of scavenging activity especially both Fractions molecular weight >100 kDa (F1) and 30-100 kDa (F2), and equal with the BHT antioxidant. Antioxidant activity of glucose-glycine-cysteine model by rancimat and thio cyanate method showed the longest induction period for 15 hours and 72% antioxidant activity, whereas the radical DPPH scavenger activity for all model showed most equally (60%). The fractions with molecular weight about 30-100 kDa (F2) resulted the highest antioxidant activity. The fractions of model had antioxidant activity in food and biology system.

Key Words : Maillard Reactions, Model, fractionated, antioxidative activity

Pendahuluan

Reaksi Maillard merupakan reaksi antara gugus karbonil terutama dari gula pereduksi dengan gugus amino terutama dari asam amino, peptida dan protein (Whistler & Daniel 1985). Reaksi awal antara gugus aldehid atau keton dari molekul gula dan gugus amino bebas dari molekul asam amino atau protein, oleh karena itu sering disebut dengan istilah reaksi gula-amino (Miller 1998).

Reaksi Maillard dapat dibagi dalam tiga tahapan yaitu tahap awal dimana terbentuk glikosilamin dan *Amadori Rearrangement Product* (ARP), tahap intermediet dimana terjadi dekomposisi

ARP dan degradasi strecker, dan tahap akhir dimana terjadi perubahan senyawa karbonil (furfural, produk fisi, dehidroreduktan atau aldehid hasil degradasi strecker) menjadi senyawa yang mempunyai berat molekul tinggi. Produk degradasi ARP selama pemanasan adalah hidroksimetil furfural (HMF) yang terbentuk melalui jalur 3 deoksiglukoson yang merupakan prekursor dalam pembentukan melanoidin (Yokotsuka 1986).

Tahap akhir dari reaksi Maillard ini menghasilkan pigmen-pigmen melanoidin yang berwarna coklat. HMF atau furfural, dehidro-reduktan maupun produk-produk fisi yang dihasilkan pada tahap intermediet

dapat membentuk aldol dan polimer tanpa N. Aldol kemudian terkondensasi dan dengan adanya senyawa amino akan membentuk melanoidin. Begitu juga dengan HMF atau furfural, dehidro-reduktan, aldehid serta produk-produk fisi dapat secara langsung bereaksi dengan senyawa amino menghasilkan melanoidin (Bailey & Won Um 1992). Selain melanoidin, reaksi Maillard juga menghasilkan flavor pada berbagai produk pangan.

Salah satu antioksidan yang dihasilkan dari proses pengolahan dapat dihasilkan dari reaksi Maillard. Penggunaan produk reaksi Maillard (*Maillard reaction product/MRP*) dapat mencegah oksidasi lipid (Bailey & Won Um 1992). Reaksi Maillard adalah reaksi yang terjadi antara gugus amino dari suatu asam amino bebas, residu rantai peptida atau protein dengan gugus karbonil dari suatu karbohidrat apabila keduanya dipanaskan atau tersimpan dalam waktu yang relatif lama. Gugus ϵ -amino residu lisin yang terikat pada peptida dan protein berperan penting dalam reaksi disebabkan kereaktifannya yang relatif tinggi. Selain itu gugus α -amino terminal juga berperan dalam reaksi Maillard (Yokotsuka 1986).

Metodologi

Sistem model dibuat dengan menggunakan asam amino dan satu jenis gula pereduksi. Model ini dibuat untuk mengetahui kemampuan aktivitas antioksidan dari model dan membuktikan bahwa senyawa produk reaksi Maillard dapat berperan sebagai antioksidan. Glukosa yang dipergunakan

sebanyak 0.778 g (4.32 mmol) dan asam amino glisin sebanyak 1.34 mg (0.01 mmol), sistein 2.9 mg (0.02 mmol), phenilalanin 1.4 mg (0.009 mmol), isoleusin 2.29 mg (0.017 mmol) dan tirosin 1.9 mg (0.01 mmol). Setiap model asam amino dan glukosa dilarutkan dalam buffer fosfat 0.1 M pH 5.5 Kemudian dilakukan pemanasan dengan hot plate dengan sistem refluks selama 65 menit. Sistem model yang dibuat meliputi:

- glukosa – glisin - sistein (glu-gli-sis)
- glukosa – glisin – sistein – phenilalanin (glu-gli-sis-phe)
- glukosa – glisin – sistein – phenilalanin – isoleusin – tirosin (glu-5.AA)

Pada model setelah pemanasan langsung didinginkan dengan segera disimpan dalam lemari pendingin. Setelah dingin dilakukan fraksinasi dengan ultrafiltrasi dengan menggunakan membran 100 kDa, 30 kDa dan 10 kDa. Hasil ultrafiltrasi ini didapatkan 4 fraksi, yaitu:

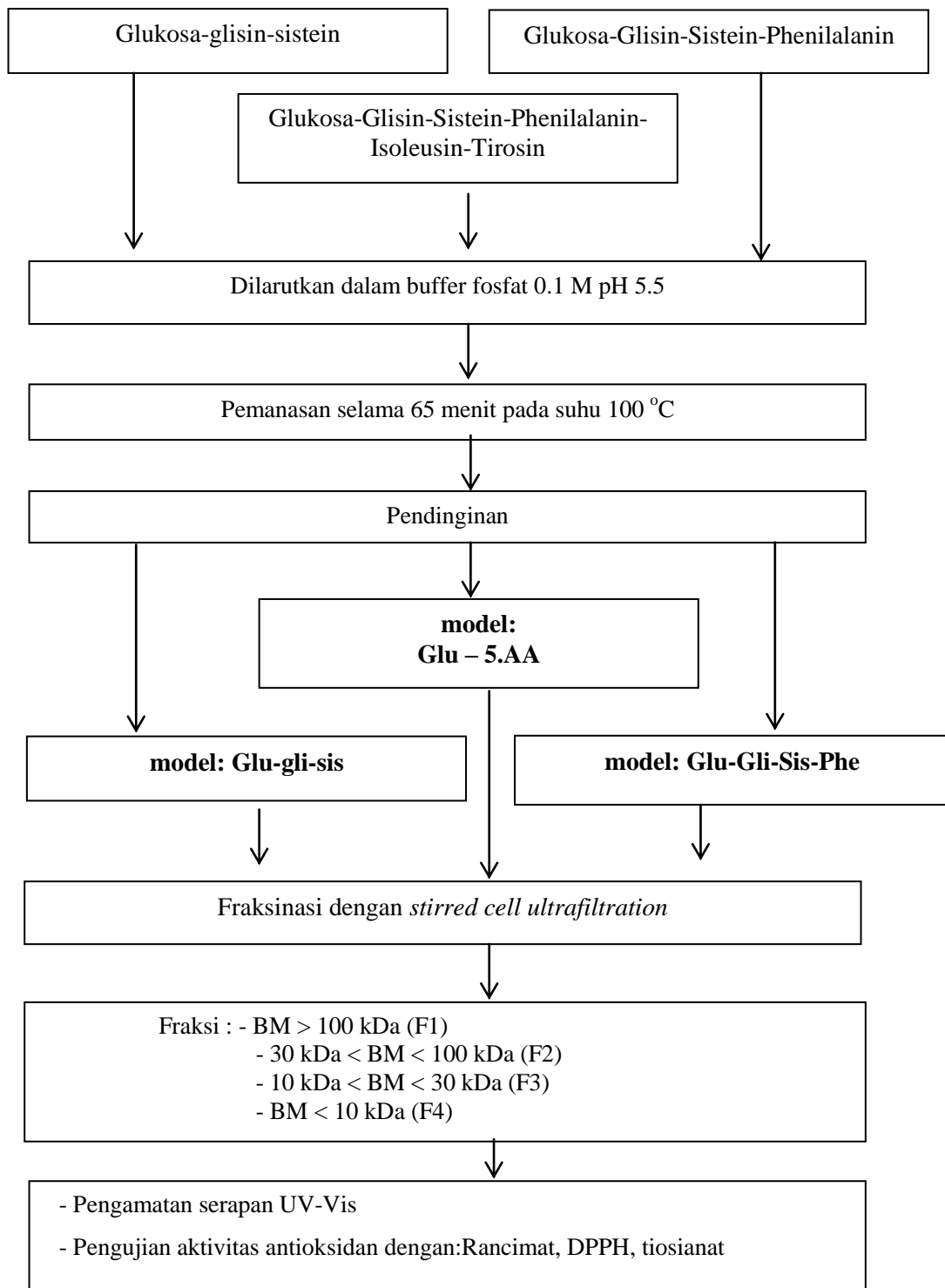
Fraksi 1 (F1) : BM > 100 kDa

Fraksi 2 (F2) : BM 30 – 100 kDa

Fraksi 3 (F3) : BM 10 – 30 kDa

Fraksi 4 (F4) : BM < 10 kDa

Kemudian setiap fraksi dilakukan pengamatan terhadap serapan uv-vis dan kemampuannya sebagai antioksidan dengan metode rancimat, DPPH (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl) (Cheung *et al* 2003) dan linoleat-tiosianat (Tressl & Wondrak, 1998). Alur penelitian model dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Skema proses pembuatan model dan uji aktivitas antioksidan

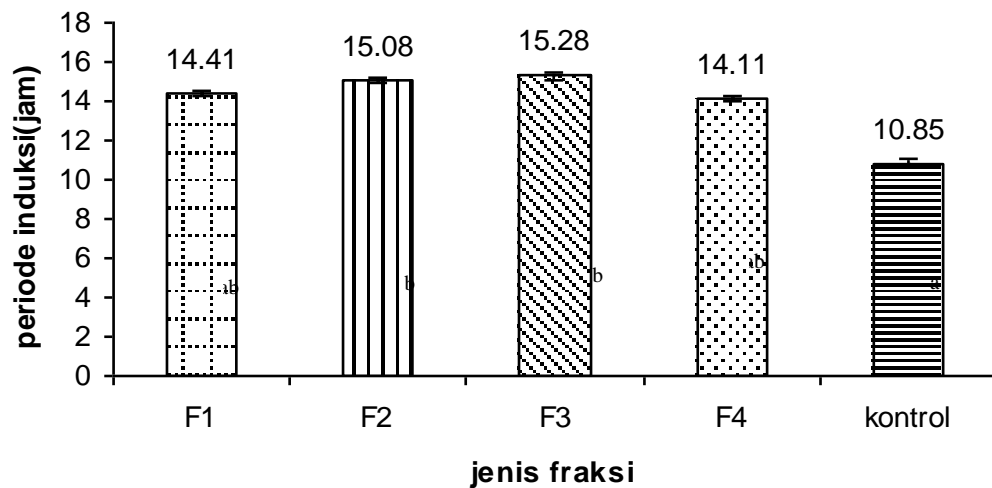
Hasil dan Pembahasan

A. Aktivitas antioksidan dalam sistem model glu-gli-sis

Aktivitas antioksidan sistem model glu-gli-sis diamati dengan menggunakan metode rancimat, DPPH dan linoleat-tiosianat. Analisis antioksidan menggunakan rancimat didapatkan bahwa semua fraksi memiliki aktivitas antioksidan dengan F2 dan F3 memiliki aktivitas antioksidan tertinggi dengan periode induksi 15 jam dengan kisaran indek protektif 1.31 - 1.41 (Gambar 2), sedangkan dengan DPPH,

aktivitas antioksidan fraksi-fraksi sebesar 31% - 64% dengan aktivitas tertinggi pada F2 (Gambar 3). Secara statistik ($p= 0.05$), F2 memperlihatkan perbedaan yang bermakna dengan F1, F3 dan F4.

Reduksi dengan tiosianat didapatkan F1 memiliki aktivitas antioksidan tertinggi dengan menghambat oksidasi asam linoleat pada hari pertama sebesar 72%, sedangkan fraksi yang lain sebesar 60% (Gambar 4). Fraksi F2, F3 dan F4 secara statistik tidak memperlihatkan perbedaan yang signifikan.

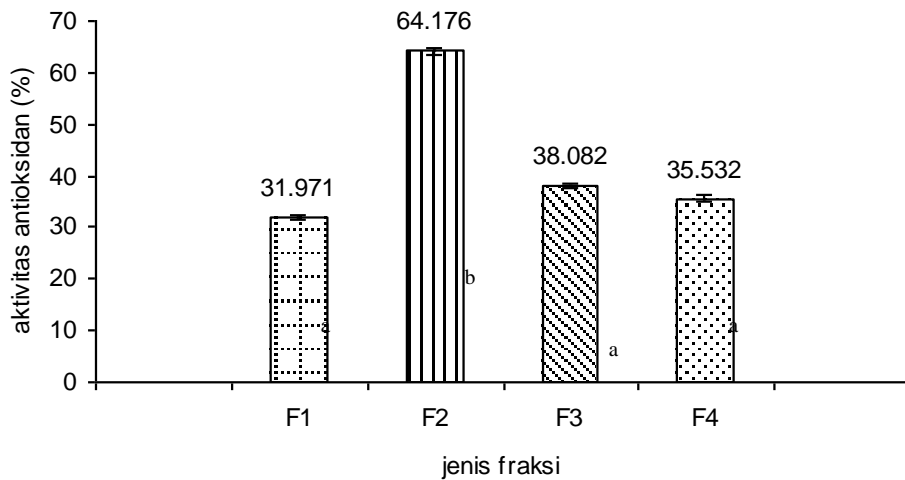


Keterangan: F1: fraksi dengan berat molekul >100 kDa; F2: fraksi dengan berat molekul 30-100 kDa; F3: fraksi dengan berat molekul 10-30 kDa; F4: fraksi dengan berat molekul <10 kDa

Gambar 2. Aktivitas antioksidan sistem model glu-gli-sis dengan rancimat

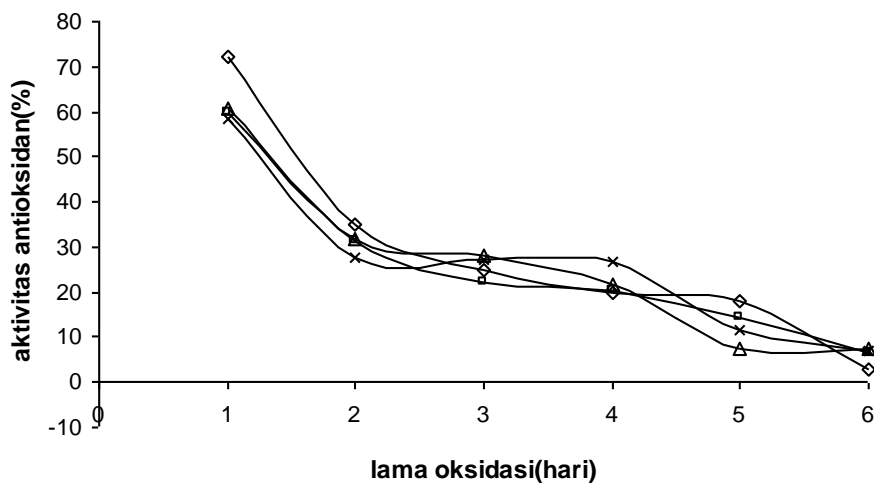
Pada penelitian ini spektrum uv-vis dari sistem model glu-gli-sis tiap fraksi terlihat pada Gambar 5. Serapan maksimum tidak cukup tajam ditunjukkan oleh tiap fraksi. Semua fraksi menunjukkan ada *peak* kecil pada daerah 270 nm. Serapan yang tidak tajam ini juga diindikasikan dengan warna dari model yang tidak banyak

mengalami perubahan (putih-bening). Hal ini diduga disebabkan konsentrasi asam amino yang dipergunakan kecil dan proses pemanasan yang tidak terlalu lama. Hasil penelitian dari Terasawa *et al* (1991) didapatkan bahwa melanoidin ada pada panjang gelombang 270 nm.



Keterangan: F1: fraksi dengan berat molekul >100 kDa; F2: fraksi dengan berat molekul 30-100 kDa; F3: fraksi dengan berat molekul 10-30 kDa; F4: fraksi dengan berat molekul <10 kDa

Gambar 3. Aktivitas antioksidan sistem model glu-gli-sis dengan DPPH

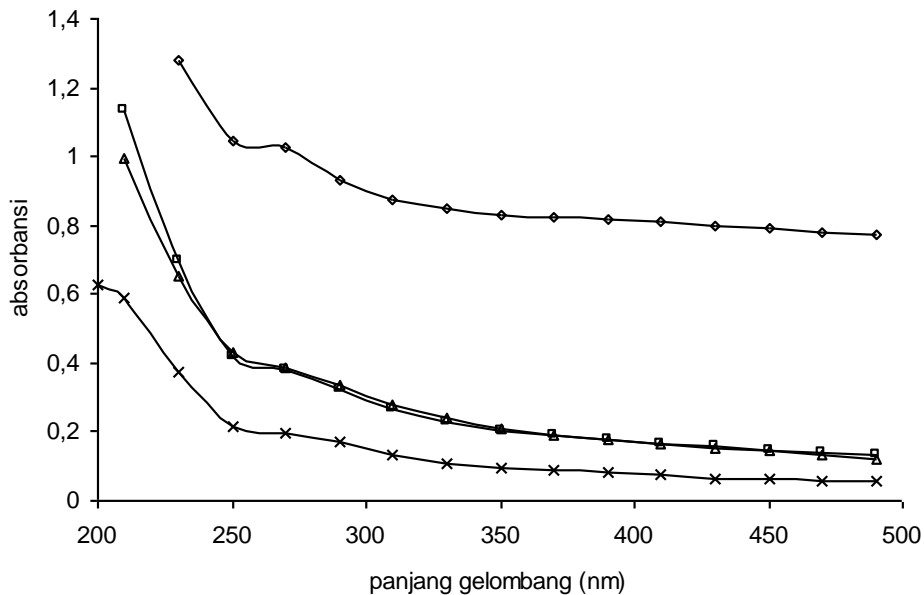


Keterangan: F1: fraksi dengan berat molekul >100 kDa; F2: fraksi dengan berat molekul 30-100 kDa; F3: fraksi dengan berat molekul 10-30 kDa; F4: fraksi dengan berat molekul <10 kDa

Gambar 4. Aktivitas antioksidan sistem model glu-gli-sis dengan metode linoleat-tiosianat pada F1(-◇-), F2 (-□-), F3 (-△-), F4 (-x-)

Penelitian pendahuluan dari model didapatkan bahwa pada sistem model glukosa-glisin dengan rancimat mempunyai periode induksi selama 12.86 jam. Sedangkan dengan DPPH didapatkan

aktivitas antioksidannya sebesar 20.98%. Hasil ini menunjukkan bahwa model glu-gli-sis mempunyai aktivitas antioksidan lebih besar dibandingkan dengan model glukosa-glisin.



Keterangan: F1: fraksi BM>100 kDa; F2: fraksi BM 30-100 kDa;
F3: fraksi BM 10-30 kDa; F4: fraksi BM < 10 kDa

Gambar 5. Spektrum uv-vis F1(—◇—), F2 (—□—), F3 (—△—), F4 (—x—) pada sistem model glu-gli-sis

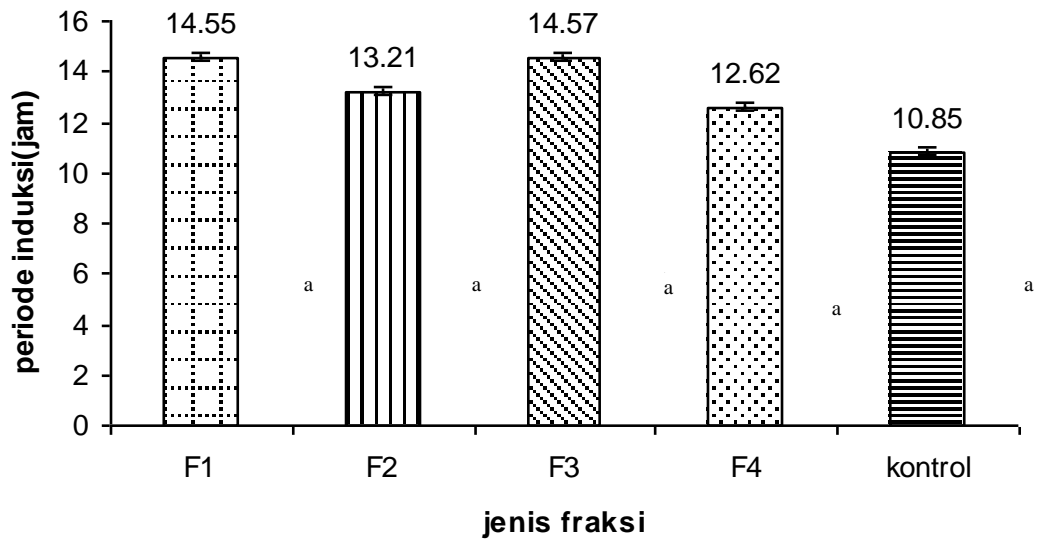
Pembentukan antioksidan volatil yang dapat menghambat degradasi oksidatif dari minyak kedelai dapat dihasilkan dari pemanasan glukosa-glisin. Di sisi yang lain, hasil reaksi browning volatil dari glukosa-sistein dapat menghambat pembentukan asam heksanoat hampir 100% selama 13 hari dalam keadaan gelap. Senyawa volatil hasil reaksi browning yang mempunyai gugus tiol dapat menghambat oksidasi lipid. Gugus tiol dalam sistein dapat menangkap satu elektron pereduksi seperti peroksil atau radikal alkoksil dan dapat juga menguraikan hidroperoksida melalui reduksi dua elektron (Shaker *et al* 1995). Untuk itu dalam penelitian ini model dari glukosa-glisin-sistein memiliki aktivitas antioksidan lebih besar dibandingkan model glukosa-glisin.

Sistein dalam bahan pangan tidak dalam keadaan bebas. Asam amino sistein sangat berperan dalam pembentukan aroma.

Pada saat pemanasan, hidrogen sulfida bereaksi dengan produk reaksi Maillard membentuk senyawa-senyawa yang mengandung sulfur. Dalam sistem model sistein dengan pentosa dan heksosa memberikan spektrum yang broad dari senyawa volatil yang mengandung sulfur. Mono-, di- dan tri- tiazol merupakan struktur yang umum yang dibentuk dari sistein (Ledl & Schleicher 1990).

B. Aktivitas antioksidan dalam sistem model glu-gli-sis-phe

Aktivitas antioksidan sistem model glu-gli-sis-phe dengan rancimat menghasilkan F1 dan F3 memiliki aktivitas antioksidan tertinggi, tetapi secara statistik aktivitas antioksidan fraksi-fraksi tidak berbeda nyata. indeks protektif aktivitas antioksidan fraksi-fraksi berada pada kisaran 1.16 - 1.34 (Gambar 6),

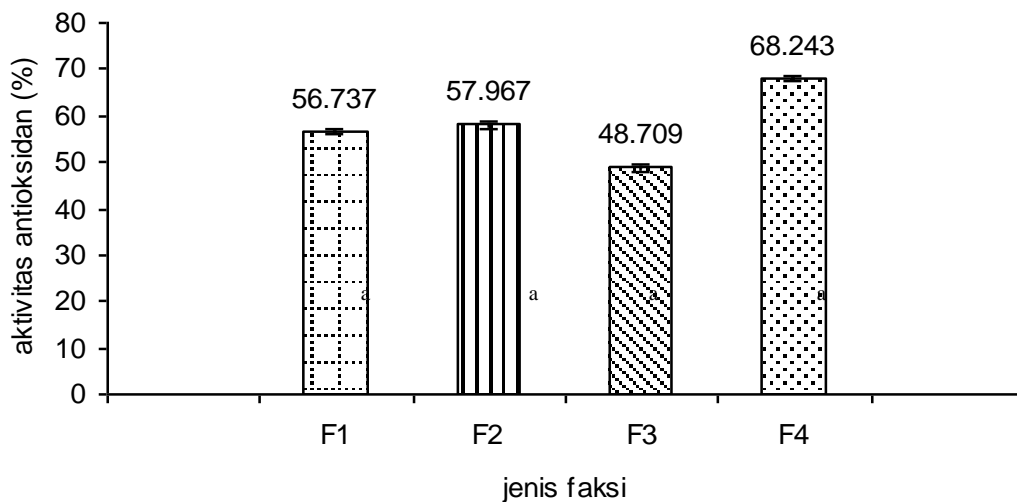


Keterangan: F1: fraksi dengan berat molekul >100 kDa; F2: fraksi dengan berat molekul 30-100 kDa;
 F3: fraksi dengan berat molekul 10-30 kDa; F4: fraksi dengan berat molekul <10 kDa

Gambar 6. Aktivitas antioksidan sistem model glu-gli-sis-phe dengan rancimat

sedangkan dengan DPPH, F4 memiliki aktivitas antioksidan tertinggi sebesar 68% (Gambar 7). Dengan tiosianat, aktivitas terbesar dalam menghambat oksidasi asam linoleat terdapat pada F2 sebesar 45%, untuk F1 aktivitas antioksidannya hanya sebesar 31%. Pada F3 dan F4 aktivitas antioksidan

tertinggi terjadi pada hari keempat sebesar 27% dan 35%. Secara statistik ($p=0.05$), ketiga metode tidak memperlihatkan perbedaan yang bermakna antar fraksi. Gambar 8 memperlihatkan bahwa setiap fraksi mempunyai aktivitas antioksidan.

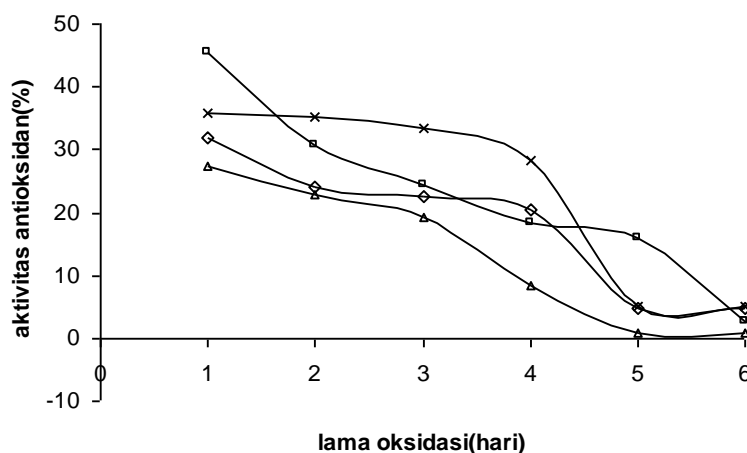


Keterangan: F1: fraksi dengan berat molekul >100 kDa; F2: fraksi dengan berat molekul 30-100 kDa; F3: fraksi dengan berat molekul 10-30 kDa; F4: fraksi dengan berat molekul <10 kDa

Gambar 7. Aktivitas antioksidan model glu-gli-sis-phe dengan metode DPPH

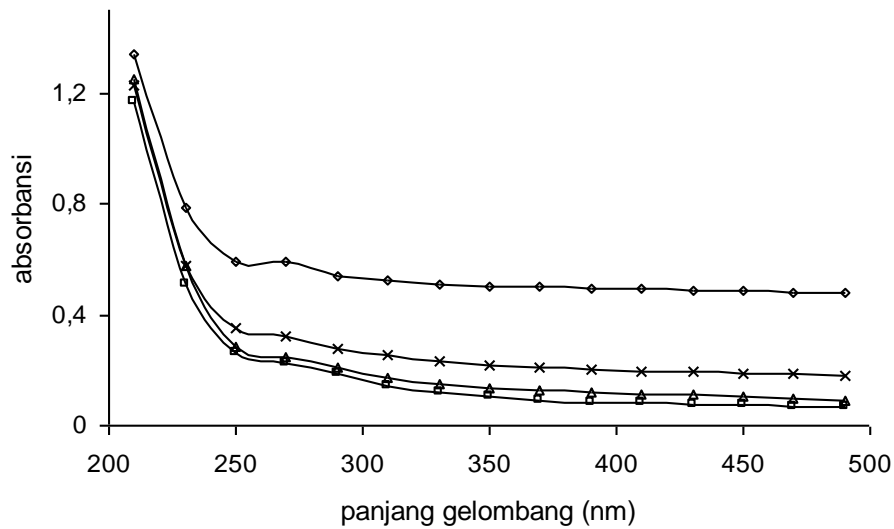
Pada penelitian ini spektrum uv-vis dari sistem model glu-gli-sis-phe tiap fraksi diperlihatkan pada Gambar 9. Serapan maksimum juga tidak cukup tajam ditunjukkan tiap fraksi. Semua fraksi menunjukkan ada *peak* kecil di daerah 270 nm.

Serapan yang tidak tajam ini juga diindikasikan dengan warna dari model yang tidak banyak mengalami perubahan (putih-bening).



Keterangan: F1: fraksi BM>100 kDa; F2: fraksi BM 30-100 kDa; F3: fraksi BM 10-30 kDa; F4: fraksi BM < 10 kDa

Gambar 8. Aktivitas antioksidan sistem model glu-gli-sis-phe dengan metode linoleat-tiosianat pada F1(□), F2 (◇), F3 (△), F4 (x)



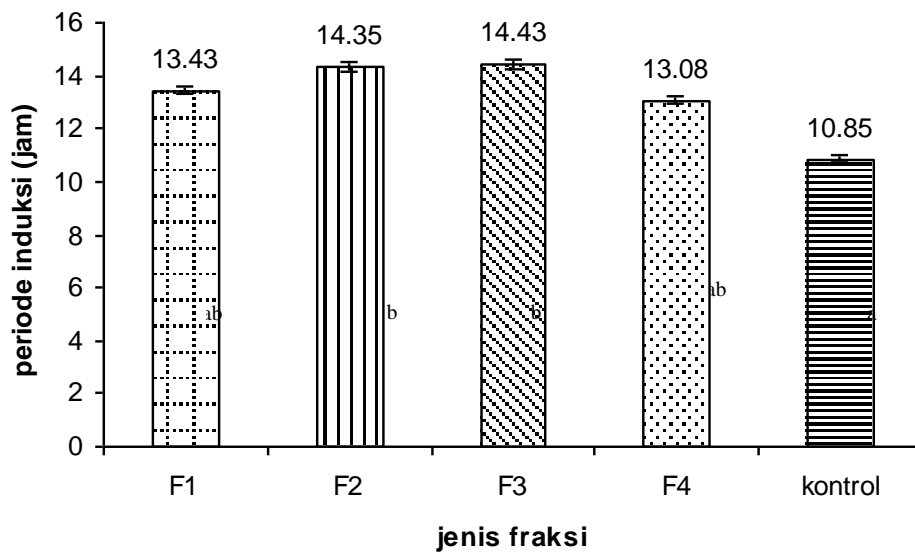
Keterangan: F1: fraksi BM > 100 kDa; F2: fraksi BM 30-100 kDa;
F3: fraksi BM 10-30 kDa; F4: fraksi BM < 10 kDa

Gambar 9. Spektrum uv-vis F1(-◇-), F2 (-□-), F3 (-△-), F4 (-x-)
pada sistem model glu-gli-sis-phe

C. Aktivitas antioksidan dalam sistem model glu- 5.AA

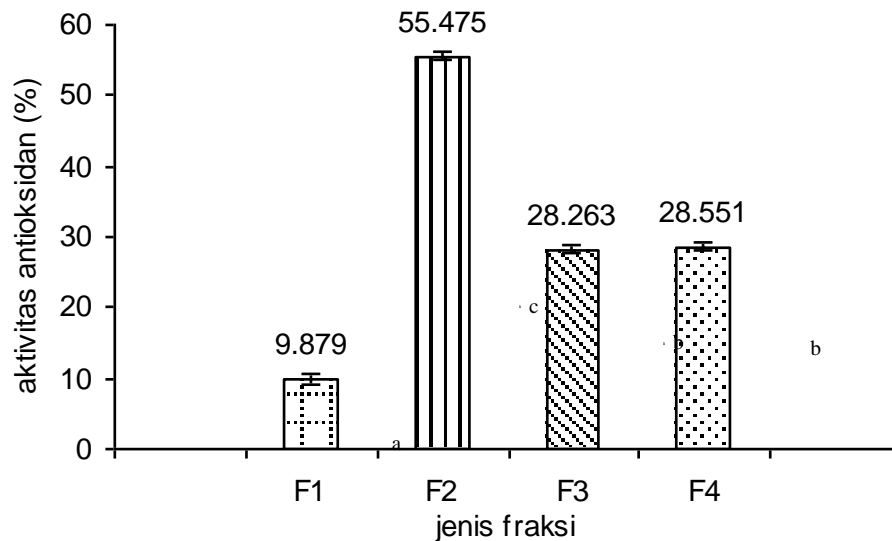
Pada sistem model glu-5.AA dibuat dengan lebih banyak jenis asam amino, yaitu asam amino glisin, sistein, phenilalanin, isoleusin dan tirosin. Hal ini dimaksudkan untuk mengamati perbedaan aktivitas antioksidan dengan sistem model sebelumnya yang menggunakan asam amino lebih sedikit. Hasil analisis aktivitas antioksidan dengan rancimat menunjukkan

bahwa F2 dan F3 memiliki aktivitas antioksidan tertinggi dengan periode induksi selama 14 jam dan memperlihatkan perbedaan yang bermakna dengan kontrol, indek protektif pada kisaran 1.21 - 1.33 (Gambar 10 dan Tabel 1), sedangkan dengan DPPH yang tertinggi adalah F2 sebesar 55% dan aktivitas antioksidannya berbeda cukup bermakna dengan fraksi yang lain (Gambar 11).



Keterangan: F1: fraksi dengan berat molekul >100 kDa; F2: fraksi dengan berat molekul 30-100 kDa; F3: fraksi dengan berat molekul 10-30 kDa; F4: fraksi dengan berat molekul <10 kDa

Gambar 10. Aktivitas antioksidan sistem model glu-5.AA dengan rancimat



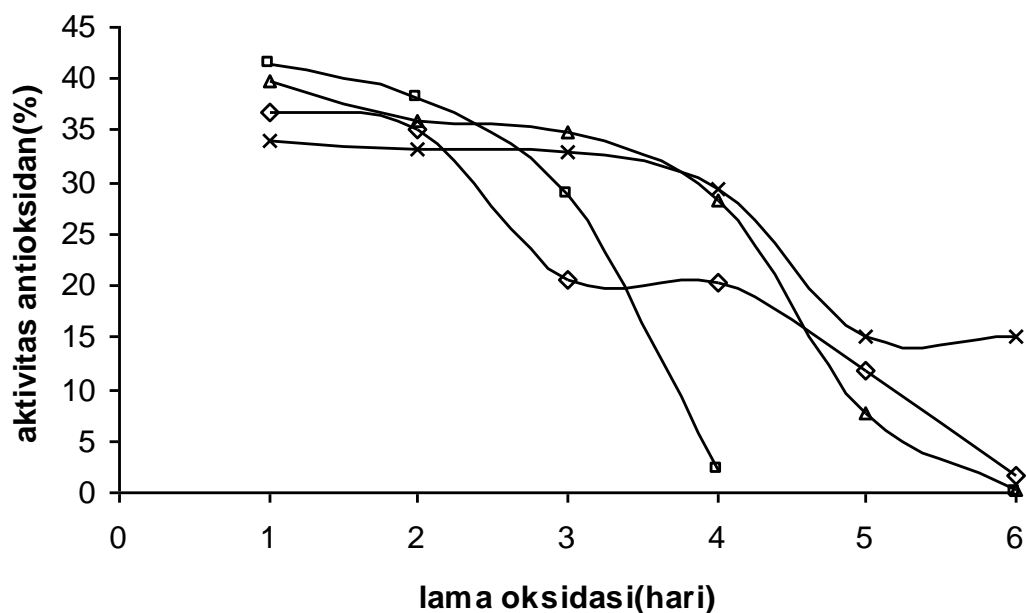
Keterangan: F1: fraksi dengan berat molekul >100 kDa; F2: fraksi dengan berat molekul 30-100 kDa; F3: fraksi dengan berat molekul 10-30 kDa; F4: fraksi dengan berat molekul <10 kDa

Gambar 11. Aktivitas antioksidan sistem model glu-5.AA dengan DPPH

Penggunaan metode linoleat-tiosianat menghasilkan F2 juga yang memiliki aktivitas antioksidan tertinggi sebesar 41%, diikuti oleh F3 sebesar 39%, F1 sebesar 36% dan F4 sebesar 34% (Gambar 12). Jadi pada model glukosa dengan 5 macam asam amino F2 memiliki aktivitas antioksidan terkuat.

Dari data analisis antioksidan di atas didapatkan bahwa F2 memiliki aktivitas

antioksidan terkuat dibandingkan fraksi lainnya. Jika diperhatikan serapan uv-vis sistem model glu-5.AA pada Gambar 13 menunjukkan bahwa serapan F2 paling besar dibandingkan dengan fraksi lainnya. Hal ini juga memperlihatkan bahwa intensitas warna berhubungan dengan besarnya aktivitas antioksidan.



Keterangan: F1: fraksi BM > 100 kDa; F2: fraksi BM 30-100 kDa; F3: fraksi BM 10-30 kDa; F4: fraksi BM < 10 kDa

Gambar 12..Aktivitas antioksidan sistem model glu-5.AA dengan metode linoleat-tiosianat pada F1(◻), F2 (◻), F3 (Δ), F4 (x)

Dengan mengamati tiga macam sistem model di atas didapatkan bahwa ketiga model mempunyai aktivitas sebagai antioksidan. Ketiga model tersebut menghasilkan produk reaksi Maillard, tidak ada senyawa lain yang berperan sebagai antioksidan kecuali hanya gula dan asam amino yang bereaksi untuk menghasilkan produk reaksi Maillard. Pada sistem model Glu-gli-sis dan Glu-5.AA didapatkan bahwa F2 memiliki aktivitas antioksidan terkuat. Sistem model glu-gli-sis menghasilkan aktivitas antioksidan cukup kuat terutama

pada F2, akan tetapi ketika pada sistem model tersebut ditambahkan gugus aromatik dari asam amino fenilalanin menghasilkan aktivitas antioksidan kurang kuat dibandingkan model sebelumnya. Demikian juga ketika sistem model kedua ditambahkan asam amino tirosin dan isoleusin yang mengandung gugus aromatik dan alifatik, tidak banyak meningkatkan aktivitas antioksidannya. Kompleksitas berbagai macam asam amino dalam bereaksi dengan suatu gula reduksi menghasilkan aktivitas antioksidan yang berbeda-beda.

Tabel 1. Indeks protektif aktivitas antioksidan sistem model (dengan rancimat)

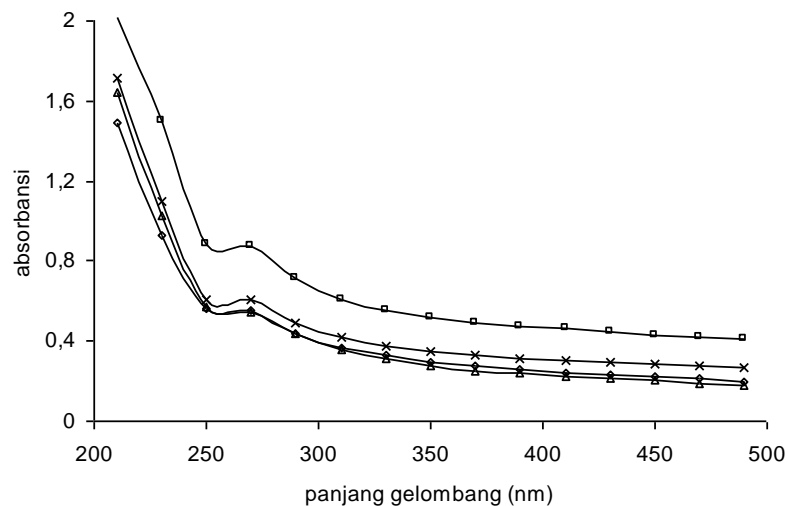
Sistem Model	glu-gli-sis	glu-gli-sis-phe	glu-5.AA
F1	1.33	1.34	1.24
F2	1.39	1.22	1.32
F3	1.41	1.34	1.33
F4	1.31	1.16	1.21

Keterangan: F1: fraksi dengan berat molekul >100 kDa; F2: fraksi dengan berat molekul 30-100 kDa;
F3: fraksi dengan berat molekul 10-30 kDa; F4: fraksi dengan berat molekul <10 kDa

glu: glukosa; gli: glisin; sis: sistein; phe: phenilalanin; 5 jenis asam amino: glisin, sistein, phenilalanin, isoleusin, tirosin

Potensi antioksidan dari senyawa produk reaksi Maillard bergantung dari jenis gula reduksi dan asam amino yang digunakan sebagai reaktan. Menurut Bedinghaus & Ockerman (1995) gula reduksi yang mempunyai kekuatan antioksidan yang kuat adalah dari pentosa dan triosa, xilosa dan DHA

(dihidroksiacetone) dan untuk asam aminonya adalah histidin, lisin, dan triptofan. Model glukosa - histidin mempunyai aktivitas antioksidan yang cukup kuat, demikian juga dari model xilosa-lisin, xilosa-triptofan, DHA-histidin dan DHA-triptofan.



Keterangan: F1: fraksi BM >100 kDa; F2: fraksi BM 30-100 kDa;
F3: fraksi BM 10-30 kDa; F4: fraksi BM < 10 kDa

Gambar 13. Spektrum uv-vis F1(-◇-), F2(-□-), F3(-△-), F4(-x-) pada sistem model glu-5.AA

Pada penelitian ini spektrum uv-vis dari sistem model glu-5.AA tiap fraksi diperlihatkan pada Gambar 13. Serapan maksimum juga tidak cukup tajam

ditunjukkan oleh tiap fraksi. Semua fraksi menunjukkan ada *peak* kecil pada daerah 270 nm. Serapan yang tidak tajam ini juga diindikasikan dengan warna dari model yang

tidak banyak mengalami perubahan (putih-bening). Hal ini diduga disebabkan konsentrasi asam amino yang dipergunakan sedikit (0.01-0.02 mmol) dan waktu pemanasan yang kurang lama (65 menit).

Kesimpulan

Aktivitas antioksidan pada model didapatkan pada berat molekul yang besar (> 30 kDa) mampu menghambat oksidasi minyak atau asam lemak dan menangkap radikal DPPH lebih kuat dibandingkan fraksi yang lain. Fraksi dengan berat molekul < 30 kDa hanya mampu menghambat oksidasi minyak atau asam lemak lebih kuat. Jenis asam amino lebih menentukan kekuatan aktivitas antioksidan daripada jumlah dari asam amino. Model dari glukosa dan asam amino mempunyai aktivitas antioksidan dan aktivitasnya kurang kuat jika dibandingkan aktivitas antioksidan pada moromi dan kecap manis. Indeks protektif model hanya pada kisaran 1.21-1.41 sedangkan pada kecap manis mencapai 1.31-2.34. Asam amino sistein dalam model produk reaksi Maillard memberikan aktivitas antioksidan lebih kuat dibandingkan dengan asam amino yang lain dalam model yang dibuat.

Reference

- Alaiz M., Zamora R, Hidalgo F J. 1995. Antioxidative activity of (E)-2-octenal/amino acids reaction products. *J. Agric. Food Chem.* 43: 795-800
- Antony SM, Han LY, Rieck JR dan Dawson PL. 2000. Antioxidative effect of Maillard reaction products formed from honey at different reaction times. *J. Agric. Food Chem.* 48: 3985-3989
- Apriyantono A, Marianti S, Bailey RG, Royle L, Ames JM. 1997. Separation of coloured of kecap manis (a typical Indonesian soy sauce) using HPLC and capillary electrophoresis. in prosiding 6th Maillard Symposium, London 27-30 July 1997
- Bailey ME, Won Um K. 1992. Maillard reaction and lipid oxidation. Di dalam: Angelo AJS. Lipid Oxidation in Food. ACS symposium series. .New York: August 25-30
- Bedinghaus AJ dan Ockerman HW . 1995. Antioxidative Maillard reaction products from reducing sugars and free amino acids in cooked ground pork patties. *J. Of food of science* (60) 5- 992-995
- Cheung LM, Peter CK Cheung dan Vincent EC Ooi. 2003. Antioxidant activity and total phenolics of edible mushroom extracts. *Food chemistry* 81. 249-255
- Hofmann 1998b. Studies on relationship between molecular weight and the color potency of fractions obtained by thermal treatment of glucose/amino acid and glucose/protein solutions by using ultrasentrifugation and color dilution techniques. *J.Agric.Food Chem.*46: 3891-3895
- Ledl F dan Schleicher E. 1990. New aspects of the Maillard reaction in foods and in human body. *Angewandte Chemie. International edition in English.* Vol.29 (6):565-706
- Miller DD. 1998. Food Chemistry. A Laboratory manual. New York: J Wiley & Sons Inc.
- Shaker ES, Ghazy MA dan Shibamoto T. 1995. Antioxidative activity of volatile browning reaction products and related compounds in a hexanal/hexanoic acid system. *J.Agric.Food Chem.* (43): 1017-1022
- Terasawa N, Murata M, Homma S . 1991. Separation of model melanoidin into components with copper chelating sepharose 6B column chromatography and comparison of chelating activity. *J.Agric.Biol.Chem.*55(6): 1507-1514
- Tressl R dan Wondrak GT. 1998. New melanoidin-like Maillard polymers from 2-deoxypentoses. *J.Agric.Food.Chem.* 46. p.104-110
- Whistler R, Daniel JR. 1985. Carbohydrate. Di dalam: Fennema OR (eds). Food Chemistry. New York : Marcel Dekker. Inc