

MEKANISME DAN KINETIKA KUENSING ALOE EMODIN TERHADAP FOTOOKSIDASI ASAM LINOLEAT

Quenching Mechanism and Kinetics of Aloe Emodin in Linoleic Acid Photooxidation

Yohana S. Kusuma Dewi¹, Tranggono², Sri Raharjo² dan Pudji Hastuti².

ABSTRACT

To study the effects of methylene blue and aloe emodin on the photosensitized oxidation were prepared in methylene chloride systems. The oxidation of linoleic acid was determined by measuring the peroxide value. The quenching mechanism and kinetics of aloe emodin in methylene blue-sensitized photooxidation of linoleic acid were studied by the steady-state kinetic methods. The methylene blue concentration was produced significantly increased of peroxide value on singlet oxygen oxydation of linoleic acid. The effect of aloe emodin concentration on singlet oxygen oxidation of linoleic acid was produced significantly decreased of peroxide value of linoleic acid. The calculated quenching rate of aloe emodin was $4.68 \times 10^9 \text{ M}^{-1} \text{ S}^{-1}$. Aloe emodin both of quenched singlet oxygen and sensitizer to reduce photosensitized oxidation of linoleic acid by the singlet oxygen quenching mechanism and the excited triplet oxygen sensitizer quenching mechanism. The ability of antiphototoxidant activity of aloe emodin was affected by concentration.

Key words: *Aloe emodin, methylene blue, photooxidation, singlet oxygen, linoleic acid, quenching mechanism and kinetics.*

PENDAHULUAN

Pada makanan, oksigen singlet dapat terbentuk dari oksigen triplet melalui reaksi fotosensitasi. Oksidasi singlet mampu meningkatkan laju oksidasi oksigen makanan dan lebih besar bila dibandingkan dengan oksigen triplet. Oksidasi oksigen singlet dapat menghasilkan komponen-komponen baru, dimana komponen tersebut tidak ditemukan pada oksidasi oksigen triplet dalam makanan (Frankel, 2005).

Mekanisme kimia pembentukan oksigen singlet dalam makanan sangat tergantung pada sensitiser, cahaya dan oksigen triplet. Menurut Lee *et al.* (1997) dan Min dan Boff (2002), asam lemak tak jenuh, vitamin larut minyak, kolesterol dan terpen terkonjugasi amat rentan terhadap fotooksidasi selama penyimpanan, khususnya jika terdapat fotosensitiser. Oksigen singlet dapat dihasilkan melalui sensitiser dengan adanya cahaya dan oksigen triplet. Klorofil, feofitin, derivat mioglobin, riboflavin, eritrosin dan metilen biru telah dilaporkan kemampuannya sebagai sensitiser fotokimia untuk membentuk oksigen singlet (Whang dan Peng, 1988 dan Yang *et al.*, 2002).

Fotosensitiser dapat mempercepat proses oksidasi lemak dan persentase oksigen dalam *headspace* menurun persatuan waktu (Yang *et al.*, 2002).

Metilen blue telah dilaporkan mampu berperan sebagai sensitiser dalam fotooksidasi minyak kedelai dengan adanya askorbil palmitat (Jung dan Kim, 1997), metil linoleat dan metil linoleat terkonjugasi (Lee *et al.*, 1997) dan asam linoleat dengan adanya ekstrak metanol *Coptis japonica* Makino (Jung *et al.*, 1999). Fotooksidasi asam lemak tidak jenuh dapat dihambat dengan senyawa kuenser oksigen singlet. Kuenser oksigen singlet telah terbukti mengurangi oksidasi oksigen singlet minyak atau komponen-komponen yang larut dalam minyak diantaranya α -tokoferol, karotenoid, askorbil palmitat, retinil palmitat dan asam askorbat.

Mekanisme dan kinetika kuensing oksigen singlet dalam oksidasi yang diinduksi cahaya dapat diketahui dengan mengukur konstanta laju kuensing total, kuensing fisik, dan kuensing kima. Senyawa kuenser bekerja dengan berbagai cara untuk menghambat pembentukan produk oksidasi. Sebuah

1 Fakultas Pertanian Universita Tanjungpura Pontianak

2 Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Gadjah Mada Yogyakarta Jl. Sosio Yustisia, Bulaksumur, Yogyakarta 55281.

hubungan dari hasil oksidasi dan substrat yang digunakan pada perbedaan konsentrasi kuenser akan menghasilkan salah satu dari dua kemungkinan mekanisme. Pada suatu sistem, jika hanya terdapat kuenser oksigen singlet sehingga maka

$$j \text{AO}^{-1} = K^{-1} [1 + \{((k_{\text{ox-Q}} + k_q) [Q] + k_d)/(k_r)[A]^{-1}\}]$$

sehingga dapat dalam bentuk persamaan garis (*slope-intercept*). Alternatif lain apabila hanya terdapat kuenser sensitizer triplet maka bentuk persamaan garisnya menjadi:

$$j \text{AO}^{-1} = K^{-1} [1 + \{(k_q [Q]/(k_o [^3\text{O}_2])\}][1 + \{k_d/(k_r)[A]\}]$$

dimana $j\text{AO}$ adalah hasil kuantum produk oksidasi, K adalah hasil persilangan antar sistem, Q adalah kuenser, k_r adalah konstanta laju reaksi dari reaksi oksigen singlet dengan komponen, $k_{\text{ox-Q}}$ adalah konstanta laju reaksi dari kuensing kimia, k_q adalah konstanta laju reaksi dari kuensing fisik, dan k_d adalah konstanta pengurangan oksigen singlet.

Perbedaan nyata kedua persamaan tersebut adalah menggambarkan sebuah sistem yang dimana kuensing oksigen singlet adalah dominan dan sistem yang lain dimana sensitiser triplet adalah dominan. Kemungkinan ini dipengaruhi oleh mekanisme yang mendominasi sistem. Jika kuensing oksigen singlet yang mendominasi sistem maka hubungan dengan berbagai senyawa kuenser akan memiliki intersep yang sama tetapi kemiringan (*slop*) yang berbeda. Jika kuensing sensitiser triplet yang dominan maka baik intersep dan *slop* akan bervariasi. Pada saat ini aloe emodin merupakan salah satu flavonoid yang terdapat pada *Aloe vera* telah dilaporkan dapat bertindak sebagai penangkap radikal (Yen *et al.*, 2000). Sejauh ini penelitian tentang mekanisme dan kinetika kuensing aloe emodin terhadap oksigen singlet yang disensitisasi oleh metilen blue dalam asam linoleat dengan pelarut metilen klorida belum pernah dilakukan.

Tujuan penelitian ini adalah (1) mengetahui pengaruh konsentrasi metilen blue terhadap pembentukan peroksida dalam fotooksidasi asam linoleat, (2) mengetahui pengaruh konsentrasi aloe emodin terhadap pembentukan peroksida dalam fotooksidasi asam linoleat (3) mengetahui mekanisme dan kinetika kuensing oksigen singlet oleh aloe emodin dalam asam linoleat dan mengetahui nilai laju kuensing oksigen singlet aloe emodin.

MATERI DAN METODE PENELITIAN

Materi

Materi yang digunakan dalam penelitian ini adalah Aloe emodin, asam linoleat, metilen blue, metilen klorida dan bahan kimia analisa seperti kloroform, asam asetat glasial, metanol, kalium iodida dan natrium tiosulfat yang diperoleh dari toko bahan kimia di Yogyakarta.

Metode

Pengaruh Konsentrasi Metilen Biru terhadap Fotooksidasi Asam Linoleat.

Pada pengujian pengaruh konsentrasi metilen blue terhadap fotooksidasi asam linoleat, konsentrasi metilen biru yang digunakan adalah 10, 20, 30 dan 40 ppm. Konsentrasi asam linoleat yang digunakan dalam fotooksidasi disiapkan dalam metilen klorida 0,03 M. Lima belas mililiter sampel larutan asam linoleat ditambah metilen biru dengan konsentrasi sesuai perlakuan dimasukkan ke dalam botol serum volume 25 mL. Sampel ditutup rapat dengan penutup karet dan diletakkan dalam kotak dengan sumber cahaya 4.000 lux selama 3 jam (Lee dan Min, 1990). Pengaruh konsentrasi sensitiser terhadap fotooksidasi asam linoleat diamati setiap jam dengan mengukur angka peroksida (AOCS, 1990).

Pengaruh Konsentrasi Aloe emodin terhadap Fotooksidasi Asam Linoleat dengan Sensitiser Metilen Biru.

Pada pengujian pengaruh konsentrasi aloe emodin terhadap fotooksidasi asam linoleat dengan sensitiser metilen biru, konsentrasi aloe emodin yang digunakan adalah 0,0; $0,25 \times 10^{-5}$; $0,50 \times 10^{-5}$; $0,75 \times 10^{-5}$ dan $1,00 \times 10^{-5}M$. Pada fotooksidasi ini menggunakan metilen biru 40 ppm dan asam linoleat yang disiapkan dalam sistem metilen klorida dengan konsentrasi 0,03M. Lima belas mililiter sampel larutan asam linoleat ditambah metilen biru dengan konsentrasi sesuai perlakuan dimasukkan ke dalam botol serum volume 25 mL. Sampel ditutup rapat dengan penutup karet sehingga tidak ada udara masuk, dan diletakkan dalam kotak dengan sumber cahaya 4.000 lux selama 5 jam (Lee dan Min, 1990). Pengaruh konsentrasi aloe-emodin terhadap fotooksidasi asam linoleat diamati setiap jam dengan mengukur angka peroksida (AOCS, 1990).

Preparasi Media Reaksi untuk Mekanisme dan Kinetika Kuensing Oksigen Singlet oleh Aloe-emodin.

Mekanisme dan kinetika kuensing oksigen singlet oleh aloe emodin di dalam model fotooksidasi 0,03; 0,06; 0,09; 0,12 dan 0,15M asam linoleat menggunakan metode kinetika *steady-state* yang mengandung sensitiser metilen biru 40 ppm dicampur dengan aloe emodin pada konsentrasi 0,0; $0,25 \times 10^{-5}$; $0,50 \times 10^{-5}$; $0,75 \times 10^{-5}$ dan $1,00 \times 10^{-5}M$ dalam sistem metilen klorida. Lima belas mililiter sampel larutan asam linoleat ditambah metilen biru dengan konsentrasi sesuai perlakuan dimasukkan ke dalam botol serum volume 25 mL. Sampel ditutup rapat dengan penutup karet sehingga tidak ada udara masuk, dan diletakkan dalam kotak dengan sumber cahaya 4.000 lux selama 2 jam (Lee dan Min, 1990). Mekanisme dan kinetika kuensing oksigen singlet ditetapkan berdasarkan pengukuran oksidasi asam linoleat dengan penentuan angka peroksida (AOCS, 1990).

Rancangan Penelitian

Rancangan penelitian bagian pertama yang digunakan pada pengujian pengaruh konsentrasi metilen biru terhadap fotooksidasi asam linoleat adalah Rancangan Acak Lengkap dengan Pola Faktorial (Steel dan Torrie, 1980) dengan dua faktor. Faktor perlakuan pertama konsentrasi metilen blue (M) yaitu: M_1 : 10 ppm, M_2 : 20 ppm, M_3 : 30 ppm dan M_4 : 40 ppm, faktor perlakuan kedua adalah lamanya fotooksidasi (W) yaitu: W_0 : 0 jam, W_1 : 1 jam, W_2 : 2 jam dan W_3 : 3 jam.

Rancangan penelitian yang digunakan untuk pengujian pengaruh konsentrasi Aloe emodin terhadap fotooksidasi asam linoleat dengan sensitiser metilen blue adalah Rancangan Acak Lengkap dengan Pola Faktorial (Steel dan Torrie, 1980) dengan dua faktor perlakuan. Faktor perlakuan pertama konsentrasi Aloe emodin (E) yaitu: E_0 : $0,00 \times 10^{-5}M$, E_1 : $0,25 \times 10^{-5}M$, E_2 : $0,50 \times 10^{-5}M$, E_3 : $0,75 \times 10^{-5}M$ dan E_4 : $1,00 \times 10^{-5}M$, faktor perlakuan kedua lamanya fotooksidasi (W) yaitu: W_0 : 0 jam, W_1 : 1 jam, W_2 : 2 jam, W_3 : 3 jam, W_4 : 4 jam dan W_5 : 5 jam.

Pada penelitian mekanisme dan kinetika penstabilan oksigen singlet oleh Aloe emodin di dalam model fotooksidasi asam linoleat dengan sensitiser metilen blue menggunakan analisis regresi linier untuk setiap konsentrasi Aloe emodin dengan x : 1/konsentrasi asam linoleat dan y : 1/konsentrasi peroksida. Perbedaan nyata masing-masing intersep pada setiap analisis regresi yang dihasilkan menggunakan LSD pada taraf $P=0,05$.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengaruh Konsentrasi Metilen Biru terhadap Fotooksidasi Asam Linoleat

Mekanisme kimia untuk pembentukan oksigen singlet dengan adanya sensitiser, cahaya, dan oksigen triplet menjadi mekanisme paling banyak untuk kehadiran oksigen singlet dalam makanan. Fotosensitiser yang kerap digunakan untuk mensintesis oksigen singlet adalah klorofil, riboflavin, rose bengal, eritrosin dan metilen biru. Pengaruh konsentrasi metilen blue terhadap fotooksidasi asam linoleat dibahas dalam pengujian berikut ini. Pengaruh konsentrasi metilen blue 10, 20, 30 dan 40 ppm sebagai sensitiser diamati pada fotooksidasi 0,03 M asam linoleat dalam pelarut metilen klorida pada kotak pencahayaan. Perubahan angka peroksida sampel diukur tiap periode 1 jam dan hasilnya disajikan pada Gambar 1.

Pada periode waktu (W) yang sama, peningkatan konsentrasi metilen biru (M_1 sampai dengan M_4) sebagai sensitiser pada fotooksidasi asam linoleat, menyebabkan peningkatan secara nyata ($P=0,05$) pembentukan peroksida pembentukan peroksida. Semakin lama periode penyinaran maka angka peroksida yang dihasilkan pada fotooksidasi dalam sistim asam linoleat semakin besar. Min dan Bob (2002) mengatakan

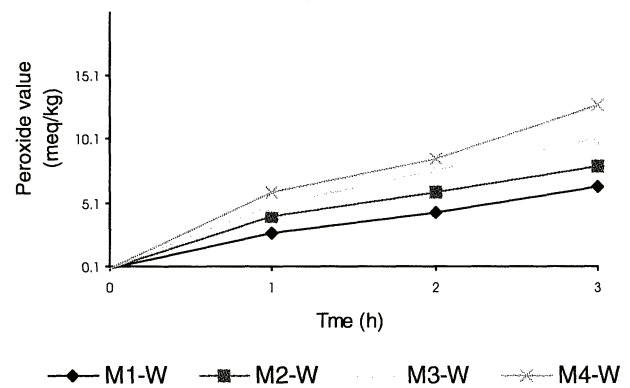


Figure 1.

Plot of [Metilen Blue] ($M_1=10$, $M_2=20$, $M_3=30$ and $M_4=40$ ppm) vs Peroxide Value in Linoleic Acid Systems Photooxidation ($W_0=0$ h, $W_1=1$ h, $W_2=2$ h, and $W_3=3$ h)

bahwa oksigen singlet dapat dihasilkan dari oksigen triplet dengan hadirnya sensitiser dan cahaya. Sensitiser seperti metilen biru dapat meningkatkan reaksi oksidasi, karena sensitiser memiliki kemampuan untuk menyerap energi cahaya dan selanjutnya membentuk hidroperoksida melalui reaksi fotooksidasi. Peningkatan pembentukan peroksida sejalan dengan peningkatan konsentrasi sensitiser metilen biru dari M_1 (10 ppm) sampai dengan M_4 (40 ppm). Penggunaan metilen biru sebagai sensitiser telah banyak dilakukan oleh peneliti sebelumnya diantaranya dalam mekanisme dan kinetika kuensing oksigen singlet oleh askorbil palmitat (Lee *et al.*, 1997) untuk mereduksi fotosensitasi oksidasi minyak demikian juga Jiang dan Eldin (1998) menggunakannya sebagai sensitiser fotooksidasi metil linoleat dan metil linoleat terkonjugasi. Pengujian ini membuktikan bahwa peningkatan konsentrasi metilen biru dari 10 ppm sampai dengan 40 ppm sebagai sensitiser berpengaruh terhadap peningkatan pembentukan peroksida pada periode waktu fotooksidasi yang sama dalam sistim asam linoleat.

Pengaruh Konsentrasi Aloe emodin terhadap Fotooksidasi dalam Sistim Asam Linoleat

Aloe emodin sebagai senyawa penstabil pada konsentrasi yang berbeda dievaluasi pengaruhnya terhadap pembentukan peroksida selama fotooksidasi dalam sistim asam linoleat melalui dan hasilnya disajikan dalam Gambar 2.

Peningkatan konsentrasi aloe emodin ($E_0=0,00$ ppm sampai dengan $E_4=1,00 \times 10^5$ ppm) selama fotooksidasi ($W_0=0$ jam sampai dengan $W_5=5$ jam) dalam sistim asam linoleat menghasilkan penurunan secara nyata ($P=0,05$) pembentukan angka peroksida. Menurut Yen *et al.* (2000), aloe emodin merupakan salah satu senyawa antrakuinoid dalam *Aloe vera* yang berkemampuan sebagai antioksidan dalam peroksidasi asam linoleat. Aloe emodin merupakan produk degradasi aloin

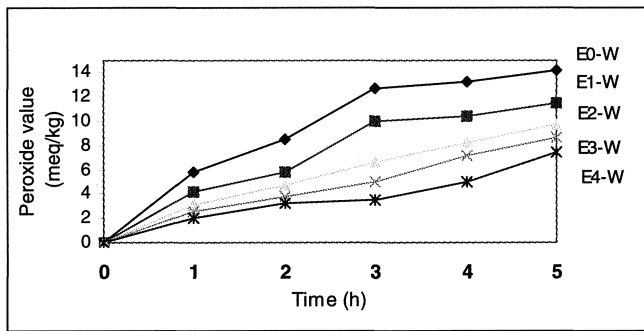


Figure 2.

Plot [Aloe emodin] ($E_0 = 0,00$; $E_1 = 0,25 \times 10^{-5}$, $E_2 = 0,50 \times 10^{-5}$, $E_3 = 0,75 \times 10^{-5}$ and $E_4 = 1,00 \times 10^{-5}$ M) vs Peroxide Value in Linoleic Acid Photooxidation ($W_0 = 0$ h, $W_1 = 1$ h, $W_2 = 2$ h, $W_3 = 3$ h, $W_4 = 4$ h and $W_5 = 5$ h)

yaitu aglikon antrakuinon yang tereduksi menjadi bentuk antron pada tanaman *Aloe vera* (Robinson, 1995). Antron mempunyai kemampuan antioksidasi yang lebih tinggi dibanding antrakuinon (Yen *et al.*, 2000). Percobaan ini membuktikan bahwa aloe emodin efektif sebagai kuenser oksigen singlet dalam fotooksidasi asam linoleat dengan sensitiser metilen biru. Kecepatan aloe emodin sebagai kuenser oksigen singlet dipengaruhi oleh kemampuannya sebagai donor untuk menerima elektron, semakin mudahnya suatu donor teroksidasi maka semakin efisien sebagai kuenser.

Aloe emodin telah diketahui sebagai senyawa antifotooksidan dalam *Aloe chinensis* dan pada evaluasi sebelumnya senyawa ini telah terbukti kemampuannya sebagai penstabil oksigen singlet dalam sistim asam linoleat. Berdasarkan hasil tersebut maka sangat relevan untuk mempelajari mekanisme

dan kinetika kuensing aloe emodin guna menetapkan kecepatan aloe emodin dalam mengkuensing oksigen singlet atau sensitiser triplet tereksitasi pada fotooksidasi asam linoleat dengan metode *steady state kinetic approximation* (Foote, 1979).

Mekanisme dan Kinetika Kuensing Oksigen Singlet oleh Aloe emodin.

Mekanisme dan kinetika kuensing aloe emodin terhadap pengaruh sensitasi metilen biru dalam oksidasi oksigen singlet asam linoleat dapat digunakan untuk mengukur konstanta kuensing total, kuensing fisik, dan kuensing kimia. Senyawa kuensing bekerja dengan berbagai cara untuk menghambat pembentukan produk oksidasi. Hubungan 1/konsentrasi asam linoleat terhadap 1/konsentrasi hidroperoksida pada masing-masing konsentrasi aloe emodin setelah fotooksidasi dibawah lampu floresen 4000 lux terdapat pada Gambar 4.

Pada konsentrasi aloe emodin dibawah $0,75 \times 10^{-5}$ M mampu mereduksi fotooksidasi asam linoleat dengan mekanisme kuensing oksigen singlet dan sensitiser namun demikian kecepatannya dipengaruhi oleh konsentrasi aloenya karena intersep dan slop yang dihasilkan menunjukkan perbedaan yang nyata ($P=0,05$). Pada konsentrasi aloe emodin $0,75 \times 10^{-5}$ M atau $1,0 \times 10^{-5}$ M, senyawa kuenser oksigen singlet ini mampu mereduksi fotooksidasi asam linoleat melalui mekanisme kuensing oksigen singlet saja dan laju penstabilan dipengaruhi oleh konsentrasi aloe emodin. Tian dan Hua (2005), menyatakan bahwa aloe emodin pada konsentrasi pada konsentrasi rendah menunjukkan aktivitas penangkapan radikal tetapi pada konsentrasi tinggi bersifat prooksidan pada sistim DNA.

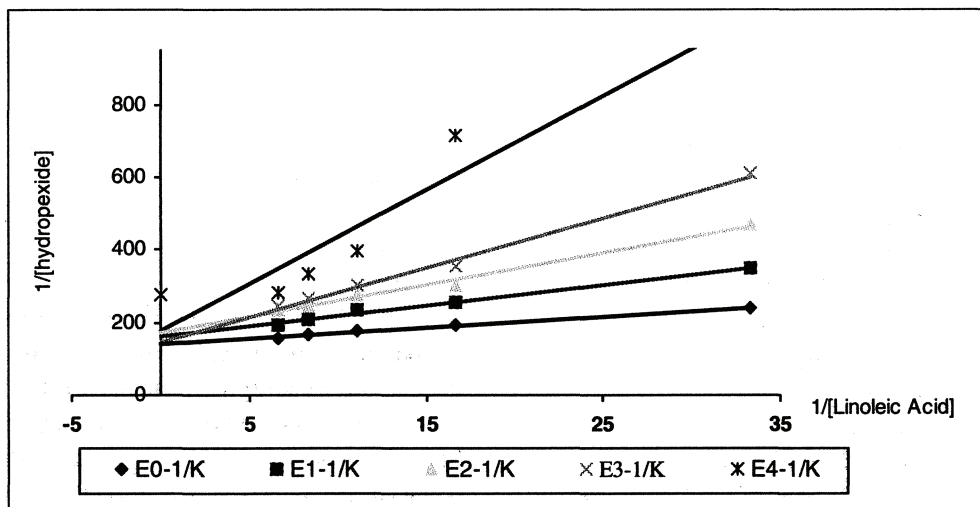


Figure 3.

Plot of 1/[Linoleic Acid] ($1/[K_1]=33,33$; $1/[K_2]=16,67$, $1/[K_3]=11,11$, $1/[K_4]=8,33$ and $1/[K]=6,67$) vs 1/[Hydroperoxide] of various of concentration of Aloe emodin ($E_0 = 0,00$; $E_1 = 0,25 \times 10^{-5}$, $E_2 = 0,50 \times 10^{-5}$, $E_3 = 0,75 \times 10^{-5}$ and $E_4 = 1,00 \times 10^{-5}$ M).

Garis linier yang dihasilkan dari hubungan $X=[\text{asam linoleat}]^{-1}$ terhadap $Y=[\text{hidroperoksida}]^{-1}$ pada kontrol (tanpa aloe emodin) adalah $Y=3,18x + 139,42$ dengan $R^2=0,9900$. Perbandingan slop/intersep dari persamaan garis regresi tersebut adalah 0,0228. Menurut Foote (1979) bahwa rasio slop/intersep dari garis regresi pada asam linoleat tanpa kuenser adalah k_d/k_r . Nilai k_d didalam metilen klorida adalah $1,1 \times 10^4/\text{detik}$ (Salikhioddinov *et al.*, 1981). Kecepatan oksidasi oksigen singlet k_i di dalam asam linoleat (pendekatan dari minyak kedelai menurut Jung dan Min (1991) adalah k_d/slop , maka $k_r = 1,1 \times 10^4/0,0228 = 4,83 \times 10^5 M^1\text{detik}^{-1}$ di dalam metilen klorida. Persamaan regresi linier dari plotting $[1/\text{asam linoleat}]^{-1}$ vs $[\text{hidroperoksida}]^{-1}$ dengan penambahan aloe emodin pada konsentrasi $0,25 \times 10^{-5} M$; $0,50 \times 10^{-5} M$; $0,75 \times 10^{-5} M$ dan $1,00 \times 10^{-5} M$ diikuti masing-masing R^2 dan slop/intersep berturut-turut $Y=50,63X + 162,19$ dengan $R^2=0,9890$; $Y=9,40X + 164,17$ dengan $R^2=0,9910$; $Y=13,66X + 147,52$ dengan $R^2=0,9930$ dan $Y=16,75X + 145,48$ dengan $R^2=0,9880$ dan slop/intersep dari masing-masing persamaan tersebut adalah 0,0347; 0,0573; 0,0926 dan 0,1151. Penentuan konstanta laju kuensing total oksigen singlet ($k_q + k_{ox-q}$), dengan cara membuat garis linier dari slop/intersep (Y) dan konsentrasi aloe emodin (X) dihasilkan persamaan regresi $Y = 9740X + 0,016$ dengan $R^2=0,9743$ (Gambar 5). Foote (1979) menyatakan bahwa slop/intersep vs [Aloe emodin] adalah $k_q + k_{ox-q}/k_r$ maka nilai ($k_q + k_{ox-q}$) adalah slop $\times k_r$. Persamaan regresi linier $Y = 9740X + 0,016$ menghasilkan nilai slop sebesar $9740/M$, sedangkan nilai k_r adalah $4,83 \times 10^5 M^1\text{detik}^{-1}$. Nilai ($k_q + k_{ox-q}$) = $(9740)(4,83 \times 10^5) = 4,68 \times 10^9 M^1\text{detik}^{-1}$. Jadi konstanta laju kuensing oksigen total dari Aloe emodin $4,68 \times 10^9 M^1\text{detik}^{-1}$.

Nilai konstanta laju kuensing total ($k_q + k_{ox-q}$) aloe emodin terhadap oksigen singlet yang diperoleh bila dibandingkan

dengan a-tokoferol masih lebih besar. Menurut Yang *et al.* (1992) nilai konstanta laju kuensing total a-tokoferol terhadap oksigen singlet adalah sebesar $4,1 \times 10^8 M^1\text{detik}^{-1}$. Kecepatan ini diperoleh pada media minyak kedelai dengan pelarut aseton dengan sensitiser eritrosin. Sementara itu dengan menggunakan b-karoten, diperoleh nilai konstanta laju kuensing totalnya sebesar $7,3 \times 10^9 M^1\text{detik}^{-1}$.

Menurut Min dan Boff (2002), konstanta kecepatan kuensing total oksigen singlet oleh senyawa kuenser tertentu sangat tergantung pada jumlah ikatan rangkap terkonjugasi, jenis dan jumlah gugus fungsional pada bagian cincin dari molekul. Kemampuan senyawa kuenser untuk mengkuensing oksigen singlet sangat dipengaruhi oleh jenis fotosensitiser, jenis pelarut dan konsentrasi oksigen dalam sistim. Aloe emodin mampu berperan sebagai senyawa kuenser oksigen singlet dan kuenser sensitiser diduga karena adanya atom hidrogen anomerik pada C_{10} yang mudah mengalami abstraksi sehingga mampu berperan sebagai fotostabilisasi tetapi kemampuannya sangat dipengaruhi oleh konsentrasi. Aloe emodin pada konsentrasi rendah berkemampuan melakukan kuensing oksigen singlet dan kuensing sensitiser metilen biru tetapi pada konsentrasi tinggi hanya berkemampuan sebagai penstabil oksigen singlet pada fotooksidasi dalam sistim asam linoleat.

KESIMPULAN

Senyawa aloe emodin mampu bertindak sebagai senyawa kuenser oksigen singlet pada fotooksidasi dalam sistim asam linoleat yang mengandung metilen blue sebagai fotosensitiser. Aktivitas antifotooksidasi aloe emodin dalam sistim asam linoleat dipengaruhi oleh konsentrasi penstabil dan asam linoleat.

Pada konsentrasi dibawah $0,75 \times 10^{-5} M$, aloe emodin mampu mereduksi fotooksidasi asam linoleat dengan mekanisme kuensing oksigen singlet dan sensitiser namun demikian kecepatannya dipengaruhi oleh konsentrasi. Pada konsentrasi $0,75 \times 10^{-5} M$ atau lebih aloe emodin mampu mereduksi fotooksidasi asam linoleat melalui mekanisme kuensing oksigen singlet saja dan kuensing dipengaruhi oleh konsentrasi. Konstanta laju reaksi kuensing oksigen singlet total dari aloe emodin adalah $4,68 \times 10^9 M^1\text{detik}^{-1}$.

DAFTAR PUSTAKA

AOCS. 1990. *Official and Tentative Methods*. American Oil Chemists Society. Champaign. IL
 Foote, C. S. 1979. In *Singlet Oxygen*. Edited by H. H. Wasserman and R. W. Murray. Academic Press New York. p.139-171.

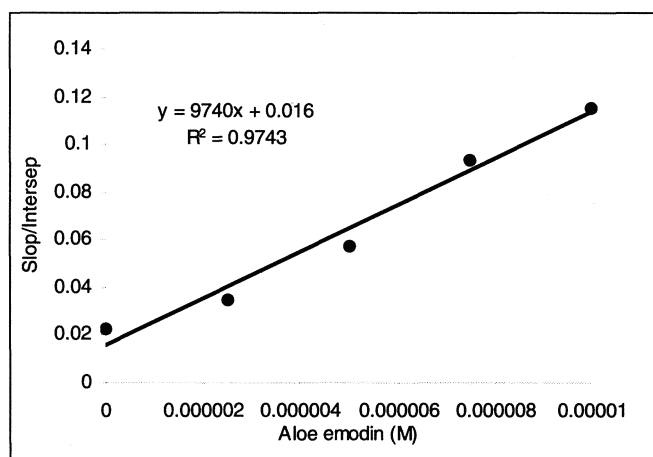


Figure 4.

Plot of Slope/Intercept of Linier Regression Equation (1/[linoleic acid] vs 1/[hidroperoxide] vs [aloe emodin]

- Frankel, E. N. 2005. *Lipid Oxidation*. The Oily Press. England.
- Jiang, J. and A. K. Eldin. 1998. *Comparing Methylene Blue-Photosensitized Oxidation of Methyl-Conjugated Linoleate and Methyl Linoleate*. J. Agric Food Chem. 46:923-927.
- Jung, M. Y. and D. B. Min. 1991. *Effect of Quenching Mechanisms of Carotenoids on the Photosensitized Oxidation of Soybean Oil*. J. Am. Oil. Chem. Soc. 68: 683-658.
- Jung, M. Y., J. P. Kim. And S. Y. Kim. 1999. *Methanolic Extract of Coptis japonica Makino Reduces Photosensitized Oxidation of Oils*. Food Chemistry. 67:261-268.
- Lee, E. C. and D. B. Min. 1990. *Quenching Mechanism and Kinetics of Carotenoids in Chlorophyll Sensitized Photooxidation of Soybean Oil*. J. Agric. Food Chem. 38:1630-1634.
- Lee, K. H., M. Y. Jung and S. Y. Kim. 1997. *Quenching Mechanism and Kinetics of Acorbyl Palmitate for the Reduction of the Photoensitized Oxidation of Oils*. J. Am. Oil. Chem. Soc.74:1053-1057.
- Min, D. B. and J. M. Boff. 2002. *Chemistry and Reaction of Singlet Oxygen in Foods*. Food Sci. and Food Safety. 1:58-67.
- Penman, A. R. and M. H. Gordon. 1998. *Antioxidant Properties of Myricetin and Quercetin in Oil and Emulsions*. J. Am. Oil. Chem. Soc.75:169-180
- Robinson, T. 1995. *Kandungan Organik Tumbuhan Tingkat Tinggi*. Penerjemah: K. Padmawinata. ITB. Bandung.
- Salokhiddinov, K. I. , I. M. Byteva and G. P. Gurinovick. 1981. *Lifetime of Singlet Oxygen in Different Solvents*. Zh. Prikl. Spektrosk. Co. Inc.
- Steel, R. G. D. dan J. H. Torrie. 1980. *Principles and Procedures of Statistics. A. Biometrical Approach*. 2 nd. Ed. Mc. Graw Hill Book Co.
- Tian, B. dan Y. Hua. 2005. *Concentration-Dependence of Prooxidant and Antioxidant Effects of Aloin and Aloemodin on DNA*. Food Chemistry. 91: 413-418.
- Whang, K. and I. C. Peng. 1998. *Detection of Singlet Oxygen Generation by Chlorophyll using Electron Paramagnetic Resonance Spectroscopy*. J. Food Sci. 53:1918-1919.
- Yang, W. T., L. H. Lee. And D. B. Min. 2002. *Quenching Mechanisms and Kinetics of α -Tokoferol and b-Carotene on Photosensitizing Effect of Synthetic Food Colorant FD & Red No. 3*. J. Food. Sci. 67:507-510.
- Yen, G.C., P. D. Duh dan D.Y. Chuang. 2000. *Antioxidant Activity of Antraquinones and Anthrone*. Food. Chemistry. 70:437-441