

PENGARUH JENIS PELARUT TERHADAP RENDEMEN DAN AKTIVITAS ANTIOKSIDAN DALAM EKSTRAK MINYAK BEKATUL PADI (RICE BRAN OIL)

Agus Purwanto*, Astri Nur Fajriyati, Dewi Wahyuningtyas

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret Surakarta
Jl. Ir. Sutami No. 36 A, Surakarta 57126

*Email: aguspur@uns.ac.id

Abstract: *Bran rice is a by-product of rice milling which only used as cattle feed. Utilization of bran rice to take rice bran oil will increase its economic value. Rice bran oil contains natural antioxidants α -oryzanol and fatty acids. Antioxidants α -oryzanol are more powerful than vitamin E to avoid free radical damage. One way to recovery rice bran oil is extraction using volatile solvents. The effects of solvent type to yield of rice bran oil and antioxidant activity of rice bran oil need to be researched. This study started with the process of stabilization of bran to inhibit lipase activity. Next process was extraction of bran oil using n-hexane, ethyl acetate, and ethanol as the solvent. The next step was evaluation the acid number and antioxidant activity of obtained oil with DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) method. The results showed that the yields of oil were affected by solvent polarity compounds. Highest yield was obtained on extraction using ethanol and the yield was 12.553%, 14.105% and 17.431%. Acid test showed that extraction using ethyl acetate produced oil with smallest acid number (79.662 and 90.882) and test of antioxidant activity showed that extraction with ethanol was potential as antioxidants which value of IC_{50} were 46.79% and 47.29%.*

Keywords: *bran, extraction, solvent type, antioxidants, DPPH*

PENDAHULUAN

Kesadaran masyarakat akan pentingnya kesehatan telah meningkat secara nyata dalam dasa warsa terakhir ini. Kenyataan ini menuntut suatu bahan pangan tidak hanya bergizi dan lezat saja, tetapi juga mempunyai khasiat yang menguntungkan bagi kesehatan, yang dikenal dengan istilah pangan fungsional. Pangan fungsional adalah bahan pangan yang mengandung senyawa atau komponen yang berkhasiat bagi kesehatan. Senyawa atau komponen dalam pangan fungsional tersebut antara lain serat pangan, oligosakarida, gula alkohol, asam amino, peptida, protein, glikosida, alkohol, isoprenoida vitamin, kolin, mineral, bakteri asam laktat, asam lemak tidak jenuh, dan antioksidan (Golberg, 1994).

Senyawa antioksidan alami dari berbagai tanaman telah banyak dibuktikan khasiatnya guna mencegah berbagai kerusakan oksidatif dan penyakit yang melibatkan reaksi radikal bebas. Radikal bebas dan senyawa oksigen reaktif (SOR) terlibat dalam pathogenesis berbagai penyakit, termasuk atherosklerosis (Kehrer, 1993). Senyawa antioksidan tersebut antara lain asam kafeat pada biji kopi (Moon dan Terao, 1998), gingerol, shogaol dan zingeron pada ekstrak jahe (Fuhman, dkk., 2000),

kurkumin pada kunyit dan bangle (Mashuda, dkk., 1998), serta γ -oryzanol pada bekatul padi (Ellot, 1999).

Bekatul merupakan hasil samping dari penggilingan padi/gabah yang berasal dari lapisan luar beras pecah kulit yang terdiri dari perikarp, lapisan aleuron, embrio, dan sedikit endosperm. Dari proses tersebut akan menghasilkan rendemen beras 57 - 60%, sekam 18 - 20%, dan bekatul 8 - 10%. Menurut data Departemen Pertanian tahun 2004, produksi beras mencapai 31,8 juta ton maka bekatul yang dihasilkan sekitar 3,18 juta ton, suatu jumlah yang sangat berlimpah sehingga perlu usaha-usaha memanfaatkannya.

Selama ini bekatul hanya dimanfaatkan sebagai pakan ternak dengan nilai ekonomi rendah. Padahal bekatul dapat diolah menjadi minyak makan yang berkualitas tinggi. Minyak bekatul atau lebih dikenal dengan *rice bran oil* merupakan minyak hasil ekstraksi bekatul padi. Minyak bekatul dapat dikonsumsi karena mengandung vitamin, antioksidan serta nutrisi yang diperlukan oleh tubuh manusia. Minyak bekatul mengandung beberapa jenis lemak, antara lain 47% lemak *monounsaturated*, 33% *polyunsaturated*, dan 20% *saturated*, serta asam lemak yaitu asam oleat 38,4%, linoleat 34,4%,

linolenat 2,2%, palmitat 21,5%, dan stearat 2,9% (Hadipernata, 2007).

Kandungan antioksidan pada minyak bekatul padi yaitu γ -oryzanol merupakan antioksidan yang sangat kuat. Senyawa ini lebih aktif daripada vitamin E dalam melawan radikal bebas, dan dipercaya sangat efektif menurunkan kolesterol dalam darah dan kolesterol liver, serta menghambat waktu menopause dan mencegah arteriosklerosis (Xu, dkk., 2001). Perbandingan jumlah antioksidan pada beberapa minyak makan dapat dilihat pada Tabel 1 (Hadipernata, 2007).

Tabel 1. Perbandingan Antioksidan pada Beberapa Minyak Makan

Jenis Minyak Makan	Vitamin E		γ -oryzanol (ppm)	Total Antioksidan (ppm)
	Tokoferol (ppm)	Tokotrienol (ppm)		
Decak padi	21	338	2000	2417
Zaitun	51	0	0	51
Kacanga	650	0	0	650
Bunga matahari	427	0	0	427
Kedelai	1.000	0	0	1.000
Sawit	238	149	0	405

γ -oryzanol merupakan senyawa tunggal dari campuran steryl dan triterpenyl ester dari asam-asam ferulat (cycloartenyl ferulat, 24-methylenecycloartenyl ferulate, β -sitosterol ferulat, campesterol ferulate). Kandungan γ -oryzanol yang terdapat dalam minyak bekatul padi berkisar antara 1,5 - 2,9%. Jumlah kandungan γ -oryzanol tergantung dari varietas bekatul padi.

Selain senyawa antioksidan γ -oryzanol, minyak bekatul juga mengandung senyawa antioksidan yang lain yaitu senyawa tokol berupa tokoferol dan tokotrienol. Setiap 100 gram minyak bekatul padi mentah mengandung 19 - 46 mg α -tokoferol, 1 - 3 mg β -tokoferol, 1 - 10 mg γ -tokoferol, dan 0,4 - 0,9 mg δ -tokoferol, 14 - 33 mg α -tokotrienol, dan 9 - 69 mg γ -tokotrienol (Orthofer, 2005).

Bekatul memiliki angka asam yang lebih tinggi karena aktivitas enzim yang lebih intensif. Enzim - enzim yang terdapat dalam minyak bekatul antara lain α -amilase, β -amilase, ascorbit acid oxidase, catalase, cytochrom, oxidase, dehidrogenase, deoxirebonuklease, esterase, flavin oxidase, α & β glikosidase, invertase, lecithinase, lipase, lipoxigenase, pektinase, peroxidase, fosfatase, phytase, proteinase, dan succinate dehidrogenase.

Aktivitas enzim yang lebih intensif dalam bekatul mengakibatkan sifat yang tidak menguntungkan yaitu mudah berbau tengik dari

enzim lipase karena kandungan asam lemak bebas dalam bekatul meningkat selama penyimpanan.

Aktivitas enzim tersebut dapat dihambat antara lain dengan cara stabilisasi bekatul padi meliputi netralisasi/inaktivasi enzim lipase, yakni senyawa yang mudah teroksidasi yang menyebabkan bekatul cepat busuk dengan mengeluarkan bau tengik. Enzim lipase itu merembes ke bekatul pada cara penggilingan padi tradisional. Langkah lainnya pada stabilisasi termasuk perlakuan methanolik terhadap komponen-komponen minyak mudah menguap pada padi. Dengan langkah stabilisasi tersebut, bekatul mempertahankan kandungan nutrisi yang cukup kaya meliputi serat-serat, vitamin B kompleks, mineral, phytosterol, banyak jenis antioksidan, dan fraksi-fraksi minyak dan protein yang stabil (Orthofer, 2005).

Minyak bekatul ini diperoleh dari proses ekstraksi dengan pelarut yang mudah menguap. Prinsip dari proses ini adalah ekstraksi dengan melarutkan minyak dalam pelarut organik.

Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh ekstrak minyak bekatul (*rice bran oil*) dengan rendemen ekstraksi yang tinggi dan memiliki aktivitas antioksidan tertinggi, menganalisa kandungan antioksidan pada minyak bekatul, mempelajari pengaruh jenis pelarut terhadap hasil rendemen minyak dan aktivitas antioksidan dalam ekstrak minyak bekatul (*rice bran oil*).

METODE PENELITIAN

Alat yang akan digunakan dalam penelitian ini meliputi loyang, oven, Soxhlet, pemanas mantel, labu leher tiga, klem, statif, termometer, kertas saring, pipa bengkok, pendingin lurus, labu erlenmeyer, buret, kompor listrik, dan spektrofotometer UV-Vis.

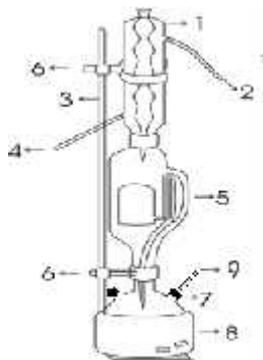
Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Proses Teknik Kimia, Universitas Sebelas Maret Surakarta dan uji aktivitas antioksidan di Laboratorium Uji Teknologi Pangan dan Hasil Pertanian, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

Bahan utama dalam penelitian ini adalah bekatul padi yang diperoleh dari produsen padi Ngudi Rejeki Rice Mill di desa Turisari, Palur, Sukoharjo. Pelarut organik yang digunakan adalah etanol teknis 96 %, n-heksan, dan etil asetat yang diperoleh dari Toko Bahan Kimia Agung Jaya dan Bratachem, Surakarta. Bahan analisa yang digunakan untuk bilangan asam yaitu KOH, etanol netral, dan indikator pp. Bahan analisa yang digunakan untuk uji aktivitas

antioksidan yaitu DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) dan metanol.

Perlakuan pendahuluan dengan memasukkan 500 gram (B) bekatul ke dalam loyang, kemudian dimasukkan ke dalam oven (pemanas) pada suhu 110°C selama 5 menit. Tujuan proses ini untuk mendeaktivasi enzim lipase. Aktivitas enzim lipase yang intensif dalam bekatul mengakibatkan sifat yang tidak menguntungkan yaitu mudah berbau tengik dari enzim lipase karena kandungan asam lemak bebas dalam bekatul meningkat selama penyimpanan. Dengan langkah stabilisasi tersebut, bekatul mempertahankan kandungan nutrisi yang cukup kaya meliputi serat-serat, vitamin B kompleks, mineral, phytosterol, banyak jenis antioksidan, dan fraksi-fraksi minyak dan protein yang stabil (Orthofer, 2005).

Proses ekstraksi minyak dilakukan dengan menggunakan soxhlet (Gambar 1). Bekatul yang telah di stabilisasi di timbang sebanyak 100 gram kemudian bekatul dibungkus dengan kertas saring. Setelah itu bekatul tersebut dimasukkan ke dalam soxhlet. Pelarut n-heksana sebanyak 400 ml dimasukkan ke dalam labu leher tiga. Kemudian merangkai alat ekstraksi dan melakukan ekstraksi selama 2,5 – 3,5 jam. Proses ekstraksi dengan alat ekstraksi soxhlet dilakukan pada titik didih pelarut.



Keterangan :

1. Pendingin
2. Air keluar pendingin
3. Statif
4. Air masuk pendingin
5. Soxhlet
6. Klem
7. Labu leher tiga
8. Pemanas mantel
9. Termometer

Gambar 1. Rangkaian Alat Ekstraksi soxhlet

Proses selanjutnya adalah distilasi untuk pemisahan minyak yang dihasilkan dari proses

ekstraksi dengan pelarutnya. Untuk menguapkan pelarut yang masih tertinggal dalam minyak dilakukan dengan memasukkan residu hasil distilasi ke dalam oven dan melakukan pengovenan pada suhu 80°C sampai pelarut menguap semua yang ditandai dengan berat minyak yang konstan terhadap waktu pemanasan. Setelah itu minyak di dimasukkan ke dalam desikator selama 5 menit lalu minyak di timbang sampai di peroleh berat konstan (A). Langkah selanjutnya dilakukan analisa kadar minyak dengan menghitung rendemen minyak. Rendemen minyak dihitung dengan persamaan :

$$\text{Rendemen} = \frac{A}{B} \times 100\% \quad (1)$$

Setelah diperoleh rendemen minyak dari pelarut n-heksana kemudian mengulangi langkah ekstraksi dengan menggunakan pelarut yang lainnya yaitu pelarut etanol dan etil asetat.

Bilangan asam dianalisa dengan cara menimbang 1 gram contoh minyak atau lemak lalu memasukkan ke dalam erlenmeyer 250 ml. Kemudian ditambahkan 15 ml alkohol netral 96 % dan dipanaskan selama 5 - 10 menit lalu di beri indikator phenolphthalein 2 - 3 tetes. Setelah itu dilakukan proses titrasi campuran dengan menggunakan KOH 0,1 N. Titrasi diakhiri jika terjadi perubahan warna atau terlihat merah jambu yang tetap. Kemudian mencatat volume KOH yang digunakan untuk titrasi. Bilangan asam dihitung dengan persamaan :

$$\text{Bilangan asam} = \frac{C \times N \times 56,1}{G} \quad (2)$$

Aktivitas antioksidan dianalisa dengan terlebih dahulu membuat larutan DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) yaitu melarutkan kristal DPPH dalam metanol pada konsentrasi 0,01 M. Kemudian, mengambil 1 ml DPPH 0,01 M dan menambahkan metanol hingga volumenya 5 ml, lalu mengukur absorbansinya pada λ 517 nm sebagai absorbansi kontrol. Proses selanjutnya yaitu pengukuran absorbansi sampel minyak dari ekstraksi dengan pelarut n-heksana. Langkah pengukuran absorbansi sampel dengan mengambil 200 mg sampel minyak dan melarutkannya dalam 5 ml metanol sambil memvortek selama 1 jam. Kemudian, mengambil 1 ml campuran tersebut dan menambahkan 1 ml DPPH 0,01 M serta metanol hingga volumenya 5 ml. Kemudian sampel diukur absorbansinya pada λ 517 nm.

Mengulangi analisa absorbansi sampel dengan sampel minyak bekatul dari hasil ekstraksi dengan pelarut etanol dan etil asetat.

Data absorbansi sampel yang diperoleh digunakan untuk penentuan *Inhibition Concentration* (IC) (%). *Inhibition Concentration* (IC) (%) yaitu konsentrasi suatu zat antioksidan yang menyebabkan 50% DPPH kehilangan karakter radikal. *Inhibition Concentration* (IC) (%) dihitung dengan persamaan :

$$IC (\%) = \left(1 - \frac{\text{absorbansi sampel}}{\text{absorbansi kontrol}} \right) \times 100\% \quad (3)$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Minyak bekatul padi yang diperoleh dari proses ekstraksi tiga macam pelarut organik berbeda kepolarnya. Tujuan dari proses ekstraksi pelarut organik berbeda kepolarnya adalah untuk mendapatkan ekstrak bekatul yang mengandung komponen kimia yang berbeda secara optimum. Hasil rendemen minyak bekatul dapat disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Rendemen Minyak Bekatul

Jenis Pelarut	Rendemen, %		
	Waktu ekstraksi 2,5 jam	Waktu ekstraksi 3 jam	Waktu ekstraksi 3,5 jam
n-heksan	3,546	10,066	10,164
Etilanol	12,553	14,105	17,431
Etilasetat	9,088	9,405	11,346

Dari tabel tersebut, rendemen rata-rata minyak dari pelarut etanol > pelarut etil asetat > pelarut n-heksan. Hasil rendemen dari ekstraksi menggunakan pelarut n-heksana paling kecil karena n-heksan merupakan pelarut non polar, sehingga hanya mengekstrak senyawa dengan kepolaran yang rendah. Hasil rendemen dari ekstraksi menggunakan pelarut etanol paling besar karena etanol merupakan pelarut dengan kepolaran tinggi, sehingga dapat mengekstrak senyawa dengan kepolaran tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa kandungan dalam minyak bekatul merupakan senyawa-senyawa polar seperti asam lemak berupa asam oleat, linoleat, linolenat, palmitat, dan stearat.

Untuk hasil rendemen dari ekstraksi menggunakan pelarut etil asetat lebih besar dari pelarut n-heksan tapi lebih kecil dari pelarut etanol karena etil asetat merupakan pelarut semi polar, sehingga dapat mengekstrak senyawa dengan kepolaran yang sedang.

Waktu ekstraksi juga mempengaruhi rendemen minyak bekatul yang diperoleh. Semakin lama waktu ekstraksi, maka semakin banyak bekatul yang terekstrak menjadi minyak. Hal ini disebabkan waktu ekstraksi untuk berkontak antara pelarut dengan bekatul semakin sering, sehingga rendemen minyak bekatul yang diperoleh semakin besar.

Bilangan asam adalah jumlah miligram KOH yang dibutuhkan untuk menetralkan asam-asam lemak bebas dari satu gram minyak/lemak (Ketaren, 1986). Bilangan asam adalah ukuran dari jumlah asam lemak bebas. Asam lemak bebas terdapat di dalam minyak atau lemak, jumlahnya akan terus bertambah selama proses pengolahan dan penyimpanan. Keberadaan asam lemak bebas biasanya dijadikan indikator awal terjadinya kerusakan minyak. Besarnya bilangan asam tergantung dari kemurnian dan umur dari minyak tersebut. Hasil analisa bilangan asam minyak bekatul dapat disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Analisa Bilangan Asam

Pelarut	Lama Pemanasan	Bilangan Asam	Lama Pemasaran	Bilangan Asam
n-heksana	5 menit	144,738	10 menit	129,03
Etilanol	5 menit	97,053	10 menit	81,443
Etilasetat	5 menit	90,832	10 menit	79,862

Hasil tersebut menunjukkan bahwa bilangan asam minyak bekatul memiliki nilai yang besar karena proses penyimpanan yang lama, sehingga mengalami proses oksidasi.

Dibandingkan dengan minyak yang lain, minyak bekatul memiliki angka asam yang lebih tinggi karena aktivitas enzim yang lebih intensif. Aktivitas enzim lipase yang intensif dalam bekatul mengakibatkan sifat yang tidak menguntungkan yaitu mudah berbau tengik dari enzim lipase karena kandungan asam lemak bebas dalam bekatul meningkat selama penyimpanan. Enzim lipase dan lipoxidase merupakan enzim yang paling mempengaruhi kualitas minyak yang disimpan. Enzim tersebut membuat hidrolisis minyak menjadi gliserol dan asam lemak bebas. Sehingga semakin lama penyimpanan semakin tinggi angka asamnya.

Dari Tabel 2 lama pemanasan juga mempengaruhi hasil bilangan asam minyak bekatul. Semakin lama pemanasan, maka semakin kecil nilai bilangan asamnya karena semakin banyak asam lemak bebas yang bereaksi dengan etanol netral.

Uji aktivitas antioksidan dengan metode DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) untuk mengetahui potensi ekstrak bekatul sebagai antioksidan. Aktivitas antioksidan merupakan kemampuan suatu senyawa ekstrak untuk menghambat reaksi oksidasi yang dapat dinyatakan dengan persen penghambatan.

Parameter yang dipakai untuk menunjukkan aktivitas antioksidan adalah harga konsentrasi efisien atau *efficient concentration* (EC_{50}) atau *inhibition concentration* (IC_{50}) yaitu konsentrasi suatu zat antioksidan yang memberikan % penghambatan 50%. Zat yang mempunyai aktivitas antioksidan tinggi akan mempunyai EC_{50} atau IC_{50} yang rendah. Hasil analisa bilangan antioksidan minyak bekatul dapat disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Percobaan Analisa Antioksidan

Sampel	Aktivitas Antioksidan (%)	
	I	II
n-heksan	13,300	12,315
Etanol	46,798	47,290
Etil asetat	28,571	28,078

Hasil uji aktivitas antioksidan dengan metode DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) menunjukkan bahwa minyak bekatul dengan ekstraksi pelarut etanol mempunyai aktivitas antioksidan paling tinggi dengan nilai 46,798 % dan 47,290 %. Hal ini menunjukkan minyak bekatul dengan ekstraksi pelarut etanol berpotensi sebagai antioksidan paling baik.

Golongan senyawa γ -oryzanol, tokotrienol, dan tokoferol yang berpotensi sebagai antioksidan dalam minyak bekatul. Senyawa γ -oryzanol merupakan senyawa tunggal dari campuran steryl dan triterpenyl ester dari asam-asam ferulat. Asam ferulat merupakan senyawa organik yang mengandung banyak fitokimia fenol yang ada dalam dinding sel tumbuhan dengan rantai samping kovalen. Senyawa tersebut merupakan senyawa polar, sehingga senyawa tersebut akan terekstrak pada minyak bekatul dengan ekstraksi pelarut etanol karena etanol merupakan pelarut yang polar. Sedangkan hasil minyak bekatul dari ekstraksi pelarut etil asetat terdapat senyawa dengan kepolaran sedang dan memungkinkan juga mengekstrak sebagian kecil senyawa polar yang memiliki aktivitas antioksidan. Hasil minyak bekatul dari ekstraksi pelarut n-heksana tidak menunjukkan aktivitas antioksidan karena di-

mungkinkan hanya mengandung senyawa non polar.

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa rendemen minyak bekatul dari ekstraksi dengan pelarut etanol > pelarut etil asetat > pelarut n-heksan, dengan rendemen etanol paling tinggi yaitu 12,553 %, 14,105 %, dan 17,431 %. Dari uji aktivitas antioksidan dengan metode DPPH terhadap minyak bekatul menunjukkan ekstrak etanol berpotensi sebagai antioksidan tertinggi dengan harga IC_{50} sebesar 46,798 % dan 47,290 %

DAFTAR LAMBANG

- A = berat total minyak terekstrak, kg
 B = berat sampel, kg
 C = jumlah KOH untuk titrasi, ml
 N = normalitas larutan KOH
 G = bobot contoh minyak, kg
 56,1 = bobot molekul larutan KOH

DAFTAR PUSTAKA

- Ellot, J. G., 1999, "Application of antioxidant vitamins in foods and beverages", *J. Food Technology*, 53, hal. 46-49
- Fuhrman, B., dkk., 2000, "Ginger Extract Consumption Reduces Plasma Cholesterol, Inhibits LDL Oxidation and Attenuates Development of Atherosclerosis in Atherosclerotic, Apolipoprotein E-Deficient Mice", *J. American Society for Nutritional Sciences*, 2000, hal. 1124-1131
- Goldberg, L., 1994, "Functional Food, Designer Food, Pharma Food, Nutraceuticals", Chapman and Hall, New York
- Guenther, E., 1987, "Minyak Atsiri", Jilid 1, UI Press, Jakarta
- Hadipernata, M., 2007, "Mengolah Dedak Menjadi Minyak (Rice Bran Oil)", *J. Warta Penelitian dan Pengembangan Pertanian*, 29, hal. 8-10
- Kehrer, J. P., 1993, "Free radicals as mediator of tissue injury and disease", *J. Critical reviews in toxicology*, 23, hal. 21-48
- Ketaren, S., 1986, "Pengantar Teknologi Minyak dan Lemak Pangan", UI Press, Jakarta
- Mashuda, T., dkk., 1998, "Synthesis of (\pm) – cassuminins A and B, New Curcuminoid antioxidant having protective activity the living cell against oxidative damage", *J. Nat. Prod.*, 61, hal.609-613

-
- McCaskill, D. R. dan Zhang, F., 1999, "Use of rice bran oil in food", *J. Food Technology*, 53, hal. 50-53
- Moon, J. H dan Terao, J., 1998, "Antioxidant activity of caffeic acid and dihydrocaffeic acid in lard and human low-density lipoprotein", *J. Agric. Food Chem.*, 46, hal. 5062-5065
- Nagano, T., dkk., 1997, "New curcuminoid isolated from Zingiber cassumunar protect cell suffering from oxidative stress : A flow cytometric study using rat thymocytes and H₂O₂", *J. Pharmacol*, 75, hal. 363-370
- Orthoefer, F.T., 2005, "Bailey's Industrial Oil and Fat Products", 6th ed., John Wiley & Sons, Inc., New York
- Septiana, A.T., 2001, "Aktivitas Ekstrak Jahe (Zingiber Officinale Roscoe) dalam Pencegahan Oksidasi Lipoprotein Densitas Rendah (LDL) dan Akumulasi Kolesterol pada Makrofag secara In Vitro", Disertasi Institut Pertanian Bogor, Bogor
- Xu, Z., dkk., 2001, "Antioxidant Activity of Tocopherols, Tocotrienol, and Gamma-Oryzanol Components from Rice Brain against Cholesterol Oxidation Accelerated by 2,2'-Azobis (2-methylpropionamide) Dihydrochloride", *J. Agric. Food Chem.*, 49, hal. 2077-2081