

AKTIVITAS ANTIOKSIDAN EKSTRAK *Ganoderma lucidum*: SEBAGAI PENANGKAP MALONALDEHID DAN PENGKHELAT ION LOGAM

ANTIOXIDANT ACTIVITY OF THE EXTRACT OF *Ganoderma lucidum*: AS MALONALDEHIDA SCAVENGER AND METAL CHELATING AGENT

Wahyu Utami, Ulfa Datrya Fauzi

Program Studi Farmasi, Fakultas Farmasi
Universitas Muhammadiyah Surakarta

Jl. A. Yani Tromol Pos I, Pabelan, Kartasura, Surakarta 57162

*Email: wahyu.utami@ums.ac.id

ABSTRAK

Jamur lingzhi (*Ganoderma lucidum*) merupakan salah satu obat tradisional yang banyak digunakan dan mengandung beragam senyawa aktif yang dipercaya berkhasiat sebagai antioksidan. Oleh karenanya telah dilakukan penelitian untuk membuktikan kemampuan beberapa fraksi ekstrak etanol jamur lingzhi sebagai penangkap malonaldehid (MDA) dan pengkhelat ion logam. Ekstraksi jamur lingzhi menggunakan metode maserasi dengan pelarut etanol 96%. Selanjutnya ekstrak difraksinasi secara partisisi cair-cair dengan pelarut air, etil asetat, dan n-heksan. Aktivitas penangkap malonaldehid diukur menggunakan metode thiobarbituric acid-reactive substances assay (TBARS), sedangkan untuk mengukur aktivitas pengkhelat ion logam digunakan metode ferrous ion chelating (FIC). Hasil uji aktivitas penangkap MDA menggunakan sampel dengan konsentrasi 25 µg/mL diperoleh aktivitas penangkap MDA sebesar $67,57 \pm 4,68\%$; $60,43 \pm 1,96\%$; $57,72 \pm 5,71\%$; berturut-turut untuk fraksi etil asetat, air dan n-heksan. Aktivitas masing-masing fraksi tersebut sebanding dengan vitamin E ($53,05 \pm 20,42\%$) ($P > 0,05$). Dari hasil uji aktivitas pengkhelat logam didapatkan nilai EC_{50} pengkhelat ion Fe^{2+} dari fraksi air dan fraksi etil asetat sebesar 321,97 µg/mL dan 214,85 µg/mL, sedangkan fraksi heksan tidak memiliki aktivitas pengkhelat ion Fe^{2+} .

Kata Kunci: jamur lingzhi, *Ganoderma lucidum*, pengkhelat logam, malonaldehid.

ABSTRACT

Lingzhi mushroom (Ganoderma lucidum) has been used as a traditional medicine. It contains some compounds that can be used as an antioxidant. Aims of this study was to determine the activity of malonaldehyde (MDA) scavenger and chelating metal ions from a few fractions of ethanol extract of lingzhi mushroom. The mushroom was extracted by maceration with 96% ethanol; and then the ethanol extract was fractionated using liquid-liquid partition with water, ethyl acetate, and n-hexane. The activity of MDA scavenger was measured using the thiobarbituric acid-reactive assay substances (TBARS) and the chelating activity was determined by ferrous ion chelating (FIC) method. Result showed that the activity of MDA scavenger of 25 µg / mL of the fraction ethyl acetate, water and n-hexane were $67.57 \pm 4.68\%$; $60.43 \pm 1.96\%$; and 57.72 ± 5.71 , respectively. Interestingly, the activity of each fraction are comparable with vitamin E ($53.05 \pm 20.42\%$) ($P > 0.05$). Moreover, the ferrous ion (Fe^{2+}) chelating activity (EC_{50}) of the water and ethyl acetate fraction were 321.97µg/mL and 214.8 µg/mL, while the hexane fraction has no chelating activity.

Keywords: lingzhi mushroom, *Ganoderma lucidum*, metal chelating agent, malonaldehyde

PENDAHULUAN

Peroksidasi lipid adalah suatu proses pengikatan molekul oksigen kedalam asam lemak tak jenuh pada membran biologik. Proses ini menghasilkan berbagai produk salah satunya adalah malonaldehid (MDA) yang toksik terhadap membran sel karena berisifat mutagenik (Ayala *et al.*, 2014) dan berimplikasi pada timbulnya penyakit degeneratif, kanker dan proses penuaan dini. Adanya radikal bebas yang berlebih dapat meningkatkan terjadinya peroksidasi lipid, sehingga keberadaan

malonaldehida di dalam darah dan urin dapat digunakan sebagai penanda terjadinya kerusakan sel akibat dari radikal bebas (Marks *et al.*, 2000).

Pembentukan radikal bebas salah satunya diperantarai oleh keberadaan ion logam. Radikal hidroksi dihasilkan dari reaksi hidrogen peroksida yang tereduksi oleh ion Fe^{2+} . Jika reaksi ini diperbanyak dapat membentuk radikal peroksil lemak dan memicu terjadinya lipid peroksida sehingga terbentuk produk dari degradasi lemak yakni malonaldehid, etena dan pentana (Marks *et al.*, 2000).

Menurut Molyneux (2004), bahan makanan yang dikonsumsi dapat meningkatkan jumlah antioksidan yang berfungsi untuk mencegah efek merusak dari radikal bebas di dalam tubuh manusia, serta mencegah kerusakan lemak dan konstituen lain. Senyawa antioksidan seperti asam fenolik, polifenol, dan flavonoid bekerja dengan menghambat oksidasi radikal bebas penyebab penyakit degeneratif (Prakash *et al.*, 2001). Tanaman yang mengandung senyawa kimia berupa terpenoid, flavonoid, aglikon, dan asam fenolik dapat digunakan sebagai penangkal radikal bebas (Utami and Setyo, 2008). Pada penelitian Chen, *et al.*, (2012) menyebutkan bahwa jamur lingzhi (*Ganoderma lucidum*) merupakan salah satu pengobatan tradisional yang banyak digunakan dan memiliki beragam senyawa aktif seperti fenolik, triterpenoid dan polisakarida. Parjimo and Hardi (2008), menyebutkan bahwa jamur lingzhi memiliki senyawa aktif yakni, triterpenoid, polisakarida dan beberapa senyawa fenolik yang memiliki aktivitas farmakologis. Senyawa polisakarida dan triterpenoid diyakini memiliki efek penangkap radikal bebas dan mengurangi kerusakan sel akibat mutagen (Boh *et al.*, 2007; Ferreira *et al.*, 2009). Oleh karena itu, telah dilakukan penelitian untuk mengukur aktivitas penangkap produk lipid peroksida, yakni malonaldehid, dan aktivitas pengkkelat ion logam dari beberapa fraksi ekstrak etanol jamur lingzhi (*Ganoderma lucidum*).

METODE

Bahan

Sampel jamur lingzhi (*Ganoderma lucidum*) diperoleh dari Unit Produksi SMK Negeri 1 Temanggung. Ekstraksi dan fraksinasi jamur lingzhi menggunakan etanol 96%, etil asetat dan, n-heksan berderajat teknis, serta aquadest. $FeSO_4$, ortho-phenantrolin, dan etanol absolut berderajat p.a. dibeli dari E.Merck. Tiobarbiturat dan 1,1,3,3 tetrametoksiopropan berderajat p.a. diperoleh dari Sigma.

Jalannya Penelitian

Serbuk jamur lingzhi sebanyak 1 kg diekstraksi dengan cara direndam dalam bejana maserasi dengan 0,7 L etanol 96%. Maserasi dilakukan di tempat gelap selama 2 x 24 jam pada suhu ruang, sambil sesekali dilakukan pengadukan. Kemudian filtrat yang diperoleh dipisahkan dan diuapkan menggunakan *vacuum rotary evaporator* sehingga diperoleh ekstrak kental jamur lingzhi. Ekstrak etanol jamur Lingzhi tersebut selanjutnya difraksinasi dengan pelarut air, n-heksan dan etil asetat menggunakan metode partisi cair-cair. Ekstrak sebanyak 5,0 gram dipartisi dalam corong pisah dengan pelarut air 100 mL dan 50 mL etanol, lalu ditambah 100 mL n-heksan digojog perlahan sehingga memisah dan didapat fraksi n-heksan. Ekstrak yang tidak larut oleh n-heksan kemudian ditambah dengan 100 mL etil asetat, digojog perlahan dan dibiarkan memisah. Fraksi yang telah dipisahkan kemudian diuapkan menggunakan *vacuum rotary evaporator* dengan suhu 60°C sehingga diperoleh fraksi air, fraksi heksan, dan fraksi etil asetat kental jamur lingzhi (Fatmawati *et al.*, 2009; Daud *et al.*, 2002).

Penetapan aktivitas penangkap malonaldehid dengan TBARS *assay* dilakukan dengan mengambil 10 μ L larutan 1,1,3,3 tetrametoksiopropan, ditambah 500 μ L dari masing-masing fraksi ekstrak etanol jamur lingzhi dengan konsentrasi 250 μ g/mL dan diinkubasi 100°C selama 2 jam. Kemudian ditambah 0,8% tiobarbiturat (TBA) 2 mL, dan ditambah akuades sampai 5,0 mL. Campuran selanjutnya diinkubasi pada suhu 100°C selama 10 menit dan dibiarkan dingin. Absorbansi warna dari kompleks antara TBA dengan MDA diukur secara spektrofotometri pada λ 531. Aktivitas penangkap MDA oleh masing-masing fraksi ekstrak etanol jamur lingzhi ditunjukkan dengan adanya penurunan intensitas warna merah dari kompleks warna tersebut dibandingkan dengan

kontrol tanpa menggunakan sampel ekstrak. Selanjutnya persentase penangkapan MDA dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut: (Utami and Setyo, 2008).

$$\% \text{ penangkap MDA} = \frac{\text{absorbansi kontrol} - \text{absorbansi sampel}}{\text{absorbansi kontrol}} \times 100\%$$

Penetapan aktivitas pengkhelat ion logam dilakukan dengan menambahkan 200 μL FeSO_4 2 mM ke dalam masing-masing fraksi ekstrak etanol jamur lingzhi. Selanjutnya ditambahkan 600 μL ortho-phenantrolin 0,3 % dan diinkubasi selama 10 menit. Dibuat seri konsentrasi untuk masing-masing fraksi dan diukur absorbansi dengan spektrofotometri pada λ 511 nm. Sebagai kontrol dilakukan pengukuran hanya menggunakan FeSO_4 dan ortho-phenantrolin (Elmastas et al. 2007; Setyo and Wahyu, 2007). Besarnya aktivitas pengkhelat ion logam dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$\% \text{ pengkhelat ion logam} = \frac{\text{absorbansi kontrol} - \text{absorbansi sampel}}{\text{absorbansi kontrol}} \times 100\%$$

Selanjutnya dihitung EC_{50} (konsentrasi sampel yang efektif mengkhelat ion ferro sebesar 50%) yang diturunkan dari persamaan regresi hubungan antara % pengkhelat ion logam (y) dengan konsentrasi masing-masing fraksi atau ekstrak uji (x).

Analisa statistik yang dilakukan adalah melihat signifikansi perbedaan rata-rata % penangkap MDA tiap fraksi dan vitamin E menggunakan uji ANOVA-satu arah.

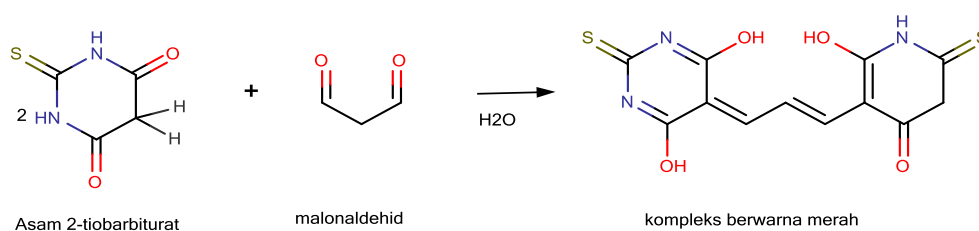
HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari serbuk kering jamur lingzhi yang sudah diekstraksi dengan metode maserasi menggunakan etanol 96% dihasilkan ekstrak kental sebesar 33,975 gram dengan rendemen sebesar 3,397%. Selanjutnya dari hasil fraksinasi ekstrak tersebut dengan metode partisi cair-cair didapatkan hasil rendemen fraksi air, etil asetat, dan n-heksan seperti yang tertera pada Tabel 17. Fraksinasi partisi cair-cair ini akan memisahkan senyawa dari ekstrak etanol berdasarkan kepolarannya dengan prinsip “*like dissolves like*”, dimana senyawa larut pada pelarut yang memiliki kepolaran yang sama.

Tabel 17. Hasil Rendemen fraksinasi ekstrak etanol jamur lingzhi

| Sampel | Berat ekstrak kental | Berat fraksi | rendemen |
|--------------------|----------------------|--------------|----------|
| Fraksi air | 5 gram | 0,5196 gram | 29,62% |
| Fraksi etil asetat | 5 gram | 1,6116 gram | 32,23% |
| Fraksi n-heksan | 5 gram | 1,4810 gram | 10,29%. |

Uji aktivitas penangkap MDA dilakukan menggunakan metode thiobarbituric acid-reactive substances assay (TBARS). Tiobarbituric acid (TBA) akan bereaksi dengan gugus karbonil dari MDA menghasilkan produk kromogen berwarna merah yang diukur dengan spektrofotometer pada λ 532 nm (**Error! Reference source not found.**) (Kusmiati, 2005; Halliwell and Gutteridge, 1999). Adanya agen penangkap MDA akan mengurangi aktivitas pembentukan kompleks antara MDA dengan TBA sehingga terjadi penurunan serapan dari kompleks warna yang terbentuk (Utami and Setyo, 2008). Pada penelitian ini, menggunakan 1,1,3,3-tetrametoksipropan (TMP) sebagai larutan baku untuk malonaldehid dikarenakan MDA merupakan senyawa toksik yang tidak stabil. Pembentukan MDA melalui proses hidrolisis 1,1,3,3 tetrametoksipropan dengan diinkubasi pada 100°C.



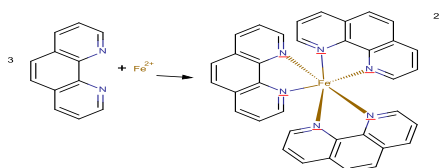
Gambar 16. Reaksi penangkapan malonaldehid oleh TBA. Adanya malonaldehid dapat diidentifikasi dengan asam tiobarbiturat (TBA) yang akan membentuk kompleks berwarna merah (Utami and Setyo, 2008)

Hasil pengujian menunjukkan bahwa terjadi penurunan serapan antara MDA dan TBA pada masing-masing fraksi dibanding dengan kontrol (Tabel 18). Hal ini berarti bahwa masing-masing fraksi memiliki kemampuan penangkap MDA, sehingga jumlah MDA yang bereaksi dengan TBA menjadi berkurang dan menyebabkan serapan dari kompleks warna menurun. Dari tabel 2 tersebut terlihat bahwa dari masing-masing fraksi dengan konsentrasi 25 µg/mL sudah mampu menangkap MDA > 50%. Dari hasil uji statistik ANOVA satu arah yang dilakukan menunjukkan % aktivitas penangkap malonaldehid antara masing-masing fraksi dengan vitamin E tidak memiliki perbedaan rata-rata yang signifikan (nilai $p > 0,05$) sehingga dapat dinyatakan bahwa masing-masing fraksi memiliki aktivitas penangkap MDA yang sama dengan vitamin E. Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian Wong *et al.*, (2004) yang menunjukkan bahwa *Ganoderma lucidum* mempunyai aktivitas penghambat lipid peroksidasi secara *in vivo*. Aktivitas penangkapan MDA pada penelitian diduga karena fraksi air, fraksi etil asetat, dan fraksi n-heksan memiliki kandungan senyawa fenolik.

Percobaan selanjutnya adalah uji aktivitas pengkhelat ion logam menggunakan metode *Ferrous Ion Chelating* (FIC). Orthofenanthrolin bereaksi dengan dengan ion ferro secara kuantitatif dengan membentuk kompleks warna (Gambar 2) yang dapat terganggu pembentukkannya dengan adanya zat pengkelat (Murthy *et al.*, 2002). Kompleks Fe(II)-fenanthrolin yang terbentuk dapat diukur dengan spektrofotometer pada λ 511 nm. Proses pengkhelat ion logam dapat terjadi apabila ada agen pengkelat seperti senyawa antioksidan. Dengan adanya agen pengkhelat, pembentukan kompleks ion ferro dengan orthofenanthrolin akan terganggu, mengakibatkan penurunan serapan warna merah-oranye dari kompleks antara ion ferro dengan orthofenanthrolin. Penurunan serapan warna ini terjadi karena adanya aktivitas khelat logam dari agen pengkhelat (Yamaguchi. F, *et al.*, 2000).

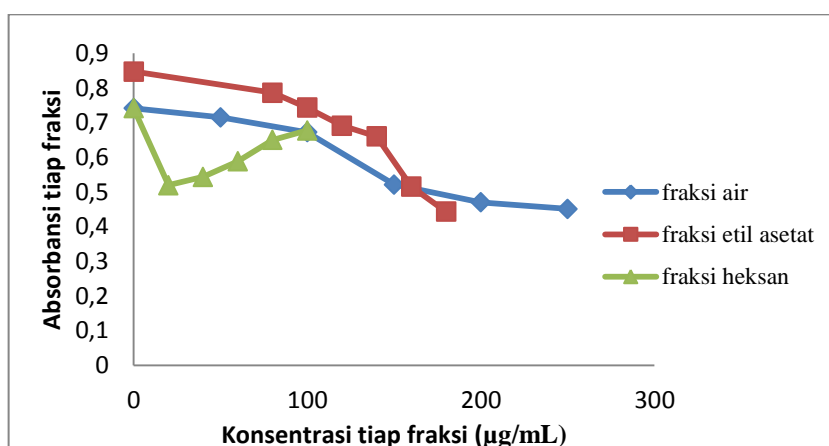
Tabel 18. Hasil uji aktivitas penangkap MDA fraksi ekstrak etanol jamur lingzhi (*Ganoderma lucidum*) (25 µg/mL)

| | Absorbansi | | | % Penangkap MDA (%) | | | Rata-rata ± SD (%) |
|--------------------|------------|-------|-------|---------------------|-------|-------|--------------------|
| | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | |
| Kontrol | 0,795 | 0,502 | 0,705 | - | - | - | |
| Air | 0,314 | 0,189 | 0,293 | 60,50 | 62,35 | 58,44 | 60,43 ± 1,96 |
| Etil asetat | 0,244 | 0,145 | 0,266 | 69,30 | 71,11 | 62,27 | 67,57 ± 4,68 |
| N-heksan | 0,284 | 0,226 | 0,325 | 64,27 | 54,98 | 53,90 | 57,72 ± 5,71 |
| Vitamin E | 0,284 | 0,354 | 0,244 | 64,28 | 29,48 | 65,39 | 53,05 ± 20,42 |



Gambar 17. Reaksi Pembentukan Kompleks Besi (II)-fenantrolin (Rahayu and Sugiarto, 2013)

Hasil penelitian menunjukkan bahwa fraksi air dan etil asetat ekstrak jamur lingzhi memiliki aktivitas antioksidan berupa aktivitas khelating yang berbanding lurus dengan konsentrasi. Hal ini ditunjukkan pada **Error! Reference source not found.** bahwa semakin tinggi konsentrasi fraksi air dan etil asetat, absorbansi yang dihasilkan akan menurun dikarenakan kompleks Fe(II)-fenanthrolin berkurang. Pada Gambar 18 untuk fraksi heksan tidak menunjukkan aktivitas pengkhalat ion logam, dikarenakan hasil yang diperoleh berkebalikan dengan hasil kedua fraksi sebelumnya. Semakin tinggi konsentrasi fraksi heksan, absorbansi yang dihasilkan malah semakin meningkat.



Gambar 18. Hubungan konsentrasi fraksi dengan absorbansi tiap fraksi dengan metode FIC

Aktivitas pengkhalat dari fraksi air dan fraksi etil asetat selanjutnya dapat dihitung nilai EC_{50} -nya sebagaimana tertera pada Tabel 3. Pada Tabel 19 terlihat bahwa semakin besar konsentrasi fraksi air dan etil asetat maka semakin besar % pengkhalat ion logam.

Tabel 19. Hasil uji aktivitaas pengkhalat ion ferro tiap fraksi ekstrak etanol jamur lingzhi (Ganoderma lucidum)

| Fraksi air | | Fraksi Etil asetat | |
|----------------------------|----------------------|----------------------------|----------------------|
| Kons (µg/mL) | % Pengkhalat | Kons (µg/mL) | % Pengkhalat |
| 50 | 5,43 | 100 | 10,29 |
| 100 | 8,31 | 120 | 17,40 |
| 150 | 24,54 | 140 | 21,81 |
| 200 | 30,68 | 160 | 32,91 |
| 250 | 36,99 | 180 | 41,80 |
| Persamaan reglinier | $y = 0,171x - 4,457$ | Persamaan reglinier | $y = 0,392x - 30,12$ |

| | R ² = 0,955 | | R ² = 0,980 |
|------------------|------------------------|------------------|------------------------|
| EC ₅₀ | 318,46 µg/mL | EC ₅₀ | 204,39 µg/mL |

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang diperoleh bahwa fraksi air, etil asetat dan n-heksan dari ekstrak etanol jamur lingzhi (*Ganoderma lucidum*) memiliki aktivitas penangkap MDA. Aktivitas masing-masing fraksi tersebut juga sebanding dengan vitamin E. Hasil uji aktivitas pengkkelat ion logam diperoleh hanya fraksi air dan etil asetat yang mempunyai aktivitas pengkkelat ion logam, sedangkan fraksi n-heksan tidak menunjukkan aktivitas pengkkelat logam.

DAFTAR PUSTAKA

- Ayala A., Muñoz M.F. and Argüelles S., 2014, Lipid Peroxidation : Production , Metabolism , and Signaling Mechanisms of Malondialdehyde and 4-Hydroxy-2-Nonenal, *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 1–31.
- Badarinath A. V, Rao K.M., Chetty C.M.S., Ramkanth S., Rajan T.V.S. and Gnanaprakash K., 2010, A Review on In-vitro Antioxidant Methods : Comparisions , Correlations and Considerations, *International Journal of PharmTech Research*, 2 (2), 1276–1285.
- Boh B., Berovic M., Zhang J. and Zhi-bin L., 2007, *Ganoderma lucidum* and its pharmaceutically active compounds, *Elsevier B.V*, 13 (7), 265–301.
- Chen S., Xu J., Liu C., Zhu Y., Nelson D.R., Zhou S., Li C., Wang L., Guo X., Sun Y., Luo H., Li Y., Song J., Henrissat B., Levasseur A., Qian J., *et al.*, 2012, Genome sequence of the model medicinal mushroom *Ganoderma lucidum*, *Nature Communications*, 3, 913–919.
- Daud M.F., Esti R. S. and Endah R., 2002, Pengaruh Perbedaan Metode Ekstraksi Terhadap Aktivitas Antioksidan Ekstrak Etanol Daun Jambu Biji (*Psidium guajava* L.), *Prosiding SNaPP2011 Sains, Teknologi, dan Kesehatan*, 2, No. 1, 55–62.
- Fatmawati S., Kurashiki K., Takeno S., Kim Y., Shimizu K., Sato M., Imaizumi K., Takahashi K., Kamiya S., Kaneko S. and Kondo R., 2009, The Inhibitory Effect on Aldose Reductase by an Extract of *Ganoderma lucidum*, *PHYTOTHERAPY RESEARCH*, 32, 28–32.
- Ferreira I.C.F.R., Barros L. and Abreu R.M. V, 2009, Antioxidants in Wild Mushrooms, *CIMO-ESAB, Instituto Politécnico de Bragança, Campus de Sta. Apolónia, Bragança, Portugal*, 1–18.
- Halliwell B. and Gutteridge J.M.C., 1999, *Free Radical in Biology and Medicine Ed-3*, Oxford University, New York., p. 270.
- Kusmiati, 2005, Kemampuan Senyawa dari Daun Bayam (*Amaranthus sp*) Untuk Menetralkan Oksidan T-BHP dalam Sel Darah, *Seminar Nasional IX Pendidikan Biologi FKIP UNS*, 691–697.
- Lü J., Lin P.H., Yao Q. and Chen C., 2010, Chemical and molecular mechanisms of antioxidants : experimental approaches and model systems, *Molecular Medicine*, 14 (4), 840–860.
- Marks D.B., Marks A.D. and Collen M S., 2000, *Biokimia Kedokteran Dasar*, Diterjemahkan oleh: Pendi, B. U., Penerbit EGC; Jakarta, pp. 322–325.
- Molyneux P., 2004, The use of the stable free radical diphenylpicryl- hydrazyl (DPPH) for estimating antioxidant activity, *Songklanakarin J. Sci. Technol.*, 26, 211–219.
- Murthy K., RP S. and GK J., 2002, Antioxidant activity of *Vitis vinifera* (Grapes), *J.Agric Food Chem.*, (50), 5909–5912.
- Parjimo H. and Hardi S., 2008, *Jamur Lingzhi, Raja herbal seribu khasiat*, PT. Agromedia pustaka; Jakarta, pp. 5–6.
- Prakash A., Fred R. and Eugene M., 2001, Antioxidant Activity, *Medallion Laboratories ANALYTICAL PROGRESS*, (4), 1–4.
- Rahayu R. and Sugiarso R.D., 2013, Studi Gangguan Krom (III) pada Analisa Besi dengan Pengompleks 1,10-fenantrolin pada pH 4,5 secara Spektrofotometri UV-Tampak, *JURNAL*

- SAINS DAN SENI POMITS Vol. 1, No.1*, 1 (1), 1–6.
- Setyo N. and Wahyu U., 2007, Antioxidant Activity of Dewandaru Leaves (*Eugenia uniflora*) Extracts in Vitro : As Reducing Agent and Metal Chelating Agent, *The First International Symposium on Temulawak (Curcuma xanthorrhiza Roxb.)*, 1–5.
- Utami W. and Setyo N., 2008, Aktivitas Ekstrak Daun Dewandaru (*Eugenia uniflora L.*) sebagai Penangkap Malonaldehid, *PROSEEDING KONGRES ILMIAH ISFI XVI*, 1–7.
- Wong K., Chao H., Chan P., Chang L. and Liu C., 2004, Antioxidant Activity of *Ganoderma lucidum* in Acute Ethanol-induced Heart Toxicity, *PHYTOTHERAPY RESEARCH*, 1026, 1024–1026.
- Yamaguchi. F, Ariga, T., Yoshimira, Y. N.H., 2000, Antioxidant and anti-glycation of carcinol from *Garcinia indica* fruit rind, *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 48, 180–185.