

# Aktivitas antimikroba dan antioksidan senyawa polisakarida jamur tiram putih (*Pleurotus ostreatus*)

## Antimicrobial and antioxidant activity of polysaccharide from oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*)

IWAN SASKIAWAN<sup>✉</sup>, NUR HASANAH

Pusat Penelitian Biologi, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI), Jl. Raya Bogor Jakarta Km 46, Cibinong 16911, Jawa Barat, Tel./Fax. +62-21-87907636, ✉email: iwansaskiawan@gmail.com

Manuskrip diterima: 17 April 2015. Revisi disetujui: 30 Mei 2015.

**Abstrak.** Saskiawan I, Hasanah N. 2015. Aktivitas antimikroba dan antioksidan senyawa polisakarida jamur tiram putih (*Pleurotus ostreatus*). *Pros Sem Nas Masy Biodiv Indon 1: 1105-1109*. Jamur tiram putih (*Pleurotus ostreatus*) dikenal sebagai salah satu jenis jamur pangan yang lezat dan mempunyai nilai gizi yang cukup tinggi. Selain itu, jamur tiram putih juga dapat berfungsi sebagai *nutraceutical* karena bersifat antimikroba dan antioksidan. Penelitian ini bertujuan untuk menguji aktivitas antimikroba dan antioksidan senyawa polisakarida pada jamur tiram putih. Jamur tiram putih diekstraksi dengan metode maserasi 3 kali 24 jam. Maserat di pekatkan dengan penguap putar. Melalui metode ini diperoleh konsentrasi polisakarida sebanyak 31.7%. Larutan polisakarida tersebut kemudian digunakan untuk uji aktivitas antimikroba dan antioksidan. Uji aktivitas antimikroba menggunakan kloramfenikol dan nistatin sebagai kontrol positif. Zona hambat hasil uji aktivitas antimikroba terhadap mikroba *Bacillus subtilis* dan *Escherichia coli* berturut-turut sebesar 9.57 mm dan 8.55 mm, sedangkan *Candida tropicalis* tidak terbentuk zona hambat. Hasil uji aktivitas antioksidan ditunjukkan dengan presentase sisa pemucatan warna  $\beta$ -karoten. Hasil presentase sisa pemucatan senyawa polisakarida adalah 96.434%. Nilai tersebut tidak berbeda jauh dengan nilai yang diperoleh dari senyawa Butil Hidroksi Toluena (BHT) sebagai kontrol positif sebesar 92.73%.

**Kata kunci:** Antimikroba, antioksidan, jamur tiram putih, polisakarida

**Abstract.** Saskiawan I, Hasanah N. 2015. Antimicrobial and antioxidant activity of polysaccharide from oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*). *Pros Sem Nas Masy Biodiv Indon 1: 1105-1109*. *Pleurotus ostreatus* (oyster mushroom) is one of the edible mushrooms which has nutritional values and health benefits. It can be used as nutraceutical as this mushroom has not only high nutritional value but also polysaccharide compounds with antimicrobial and antioxidant activity. The aim of the study was to reveal the antimicrobial and antioxidant activity of polysaccharide compound in *P. ostreatus*. The powder of *P. ostreatus* was extracted three times by maceration method for 24 hours. The maceration was then concentrated with a rotary evaporator. The analysis by the phenol-sulfuric acid method shown that the concentration of polysaccharide was 31.7%. The polysaccharide solution was analyzed its antimicrobial and antioxidant activity. In the antimicrobial activity test, chloramphenicol and nystatin were used as the positive control. The results showed that the inhibition zone of *Bacillus subtilis* and *Escherichia coli* were 9.57 mm and 8.55 mm respectively. On the other hand, no inhibition zone was found in *Candida tropicalis*. The antioxidant activity was determined by measuring the degradation rate of  $\beta$ -carotene linoleic acid system after several time incubation with polysaccharide solution. The result demonstrated that the degradation rate of polysaccharide solution was 96.434%. It was not significantly different with the degradation rate of Butyl Hydroxy Toluene (BHT) as the positive control was 92.73%.

**Keywords:** Antimicrobe, antioxidant, *Pleurotus*

### PENDAHULUAN

Indonesia dikenal kaya dengan sumber daya hayati yang memiliki potensi untuk dimanfaatkan sebagai bahan baku obat. Peluang eksplorasi tanaman obat masih sangat terbuka luas sejalan dengan semakin berkembangnya industri jamu, obat herbal, dan fitofarma. Berdasarkan manfaat yang sudah ada, baik teruji secara empiris atau klinis, potensi sumber bahan alam yang terdapat di bumi Indonesia perlu digali dengan semaksimal mungkin, dimanfaatkan dalam penyelenggaraan upaya-upaya

kesehatan masyarakat (Direktorat Jendral Pengawasan Obat dan Makanan 2000).

Jamur tiram putih (*Pleurotus ostreatus*) juga dipercaya mengandung senyawa aktif yang mempunyai khasiat untuk menyembuhkan berbagai penyakit, seperti lever, diabetes, anemia, sebagai antiviral dan antikanker serta menurunkan kadar kolesterol. Penelitian yang telah dilakukan sebelumnya menunjukkan bahwa jamur tiram terbukti sangat baik bagi pencernaan, dan memiliki potensi aktivitas antioksidan (Rhadika et al. 2008).

Selain dikenal sebagai bahan pangan yang bernilai gizi tinggi, jamur tiram juga dikenal sebagai bahan pangan

fungsional (Akindahuni dan Oyetay 2006). Pangan fungsional adalah pangan olahan yang mengandung satu atau lebih komponen fungsional yang berdasarkan kajian ilmiah memiliki fungsi fisiologi tertentu, terbukti tidak membahayakan dan bermanfaat bagi kesehatan (Direktorat Jendral Pengawasan Obat dan Makanan 2005). Jamur tiram mengandung senyawa polisakarida yang mempunyai sifat antimikrob, antitumor, antiradang, antioksidan, hematologi, hipotensi dan efek hepatoprotektif (Chang and Miles 1989; Wasser and Weis 1999; Cohen et al. 2002). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui aktivitas antimikroba dan antioksidan senyawa polisakarida ekstrak jamur tiram putih (*P. ostreatus*).

## BAHAN DAN METODE

### Bahan

Jamur tiram putih (*Pleurotus ostreatus*) yang digunakan merupakan koleksi dari Bidang Mikrobiologi, Pusat Biologi Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI). Biakan murni jamur tiram putih ditumbuhkan pada media *Potato Dextrose Agar* (PDA).

### Metode

#### Penyiapan simplisia uji

Jamur tiram yang akan digunakan dikumpulkan dan selanjutnya dibersihkan dari pengotor. Jamur tersebut dikeringkan menggunakan oven pada suhu 50 °C. Jamur yang telah kering diserbuk dengan menggunakan blender dan di hitung kadar airnya.

#### Penetapan kadar air

Penetapan kadar air dilakukan dengan cara, cawan porselin dikeringkan pada suhu 105 °C selama 30 menit lalu didinginkan dalam desikator dan ditimbang sampai diperoleh bobot cawan konstan. Sebanyak 2 gram simplisia jamur tiram dimasukkan dalam cawan dan dipanaskan pada suhu 105 °C selama 6 jam, kemudian didinginkan dalam desikator dan ditimbang sampai diperoleh bobot konstan. Penentuan penetapan kadar air diperoleh berdasarkan persamaan dibawah ini.

$$\text{Kadar air (\%)} = (B - (C - A)) / B \times 100\%$$

Keterangan :

A = Berat cawan (g)

B = Berat bahan(g)

C = Berat cawan + bahan

#### Ekstraksi

Sebanyak 50 gram simplisia jamur tiram dimaserasi dengan pelarut akuades sebanyak 150 ml selama 3 hari dalam suhu kamar. Tiap 24 jam rendaman disentrifugasi dan supernatan disaring menggunakan kertas saring halus dan filtratnya disimpan. Residu direndam kembali dalam pelarut yang sama. Filtrat yang diperoleh dijadikan satu kemudian dipekatkan dengan penguap putar (*Rotary evaporator*) sehingga diperoleh ekstrak kental. Ekstrak

yang telah dipekatkan selajutnya dilakukan uji aktivitas antimikroba dan antioksidan.

Bobot ekstrak

$$\text{Rendemen} = \frac{\text{Bobot simplisia}}{\text{Bobot ekstrak}} \times 100\%$$

#### Analisis kualitatif karbohidrat dengan Metode Barfoed

Sebanyak 1 mL pereaksi barfoed dan 1 mL larutan sampel dicampurkan dalam tabung reaksi. Larutan dipanaskan dalam penangas air mendidih selama 3 menit, lalu didinginkan selama 2 menit. Kemudian tambahkan 1 mL pereaksi warna fosfomolibdat, dan campurkan. Warna biru gelap dan endapan merah bata yang terbentuk menunjukkan adanya monnosakarida (Bintang 2010).

#### Analisis kuantitatif glukosa dengan metode asam fenol sulfat

Buat larutan glukosa standar dengan konsentrai 100, 125, 150, 175, 200, 225 dan 250 ppm. Masukkan 0,5 mL dari masing-masing larutan kedalam tabung reaksi, lalu tambahkan 0,5 mL fenol 5% dan 2,5 mL H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> pekat dengan hati-hati melalui dinding tabung. Biarkan selama 10 menit, lalu vorteks dan biarkan kembali selama 20 menit. Ukur absorbannya dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 490 nm, kemudian buat persamaan linearnya sebagai kurva standar. Pengukuran sampel dilakukan dengan cara memasukkan 0,5 mL larutan sampel kedalam tabung, lalu rendam dalam air, kemudian tambahkan 0,5 mL fenol 5% dan 2,5 mL H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> pekat secara hati-hati. Proses selanjutnya sama seperti pada larutan glukosa standar, kemudian pengukuran yang diperoleh di plot pada kurva standar (Bintang 2010).

#### Uji aktivitas antimikroba

Mikroba uji yang digunakan dalam penelitian ini adalah *B. subtilis*, *C. tropicalis*, dan *E. coli*. Sebelum digunakan, mikroba *B. subtilis* dan *E. coli* diremajakan terlebih dahulu yaitu dengan di inokulasikan dalam media *Nutrient Agar* yang dibuat membentuk miring dengan cara menggoreskan masing-masing bakteri menggunakan jarum ose steril ke dalam media agar miring (NA) kemudian diinkubasi pada suhu 37 °C selama waktu tumbuh optimum bakteri 18-24 jam. Sedangkan untuk mikroba *C. tropicalis* diremajakan dalam media *Yeast Peptone Dektrose* (YPD).

Biakan bakteri yang telah diremajakan tersebut, diambil sebanyak 1 ose dan disuspensikan kedalam Erlenmeyer yang berisi 50 mL media cair *Nutrient Broth* (NB) untuk mikroba *B. subtilis*, dan *E. coli*. sedangkan media cair *Yeast Peptone Dektrose* (YPD) untuk mikroba *C. tropicalis*, kemudian di shaker inkubasi pada suhu 37°C selama waktu tumbuh optimum bakteri 18-24 jam.

Aktivitas antimikroba diuji dengan menggunakan metode kertas cakram. Tempatkan kertas cakram dilapisan atas media *Nutrient Agar* (NA) dan *Yeast Peptone Dektrose* (YPD) pada cawan petri yang sudah diinokulasi dengan mikroba uji, kemudian kertas cakram ditetesi sampel sebanyak 20 µL. Setelah itu, materi uji diinkubasi pada suhu 37 °C selama 24 jam. Zona bening yang terbentuk menunjukkan aktivitas antimikroba dan diukur diameternya, dalam uji aktivitas antimikroba ini digunakan kloramfenikol sebagai kontrol positif bakteri, Nistatin

sebagai kontrol positif khamir dan akuades sebagai kontrol negatif (Norrel dan Messley 1997).

#### *Uji aktivitas antioksidan dengan metode $\beta$ -Karoten*

Larutan  $\beta$ -Karoten disiapkan dengan melarutkan 2 mg  $\beta$ -Karoten dalam 10 mL kloroform. Dari larutan tersebut dipipet 1 mL ke dalam erlenmeyer 100 mL, lalu diuapkan sampai kering pada suhu 40 °C. Selanjutnya ditambahkan berturut-turut 20  $\mu$ L asam linoleat 50 mM, 184  $\mu$ L Tween 80, dan 50 mL akuades. Kemudian campuran diaduk menggunakan pengaduk magnet sampai terbentuk emulsi. Dengan segera dipipet masing-masing 5 mL emulsi tersebut ke dalam tabung yang berisi 1 mL larutan sampel, kemudian diukur nilai absorbans waktu ke-0 sampai waktu ke 120 menit (setiap selang 30 menit) setelah inkubasi pada 50°C, dibaca pada  $\lambda$  470 nm. Dalam uji aktivitas antioksidan ini senyawa *Butyl Hidroxy Toluene* (BHT) digunakan sebagai kontrol positif dan akuades sebagai kontrol negatif (Handayani dan Sulisty 2008).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Sebanyak 5 kg sampel jamur tiram segar menghasilkan 0.542 kg simplisia kering jamur tiram. Pengerinan ini bertujuan untuk menurunkan kandungan air dalam bahan sehingga memperpanjang daya simpan simplisia. Setelah simplisia kering di lakukan penggilingan menggunakan blender. Hal ini bertujuan untuk menghaluskan simplisia secara merata (Gambar 1).

Penentuan kadar air berguna untuk menyatakan kandungan zat dalam tumbuhan sebagai persen bahan kering. Penentuan kadar air sampel sebelum ekstraksi dilakukan untuk memberikan batasan minimal atau kisaran kandungan air dalam bahan, nilai maksimal atau kisaran yang diperbolehkan terkait dengan kemurnian dan kontaminasi (Direktorat Jendral Pengawasan Obat dan Makanan 2000). Simplisia merupakan hasil proses sederhana dari tanaman obat yang banyak digunakan sebagai bahan baku industri obat, sementara ekstrak merupakan hasil proses semi moderen dengan kandungan bahan aktif lebih tinggi dari bahan mentah asalnya. Pembuatan simplisia dengan cara pengeringan dimaksudkan untuk menurunkan kandungan air dalam bahan.

Jika kadar air dalam bahan masih tinggi dapat mendorong enzim melakukan aktifitasnya mengubah kandungan kimia yang ada dalam bahan menjadi produk lain yang mungkin tidak lagi memiliki efek farmakologi seperti senyawa aslinya. Hal ini tidak akan terjadi jika bahan yang telah dipanen segera dikeringkan sehingga kadar airnya rendah. Beberapa enzim merusak kandungan kimia yang telah lama dikenal antara lain hidrolase, oksidase dan polymerase. Kadar air rerata yang diperoleh dari simplisia jamur tiram putih adalah 10.37%. Hasil sampel pada penelitian ini kurang baik karena tidak memenuhi kriteria yang menyatakan bahwa sampel dapat disimpan dalam waktu lama adalah sampel yang memiliki kadar air kurang dari 10% (Pratiwi 2009).

Proses ekstraksi yang dilakukan dalam penelitian ini adalah dengan menggunakan pelarut air. Pemilihan pelarut dikarenakan senyawa polisakarida yang terdapat pada

jamur tiram putih larut dalam air (Widyastuti 2011), air merupakan pelarut yang umum digunakan secara tradisional untuk melarutkan bahan obat herbal. Metode ekstraksi yang dipilih adalah metode maserasi, Keuntungan ekstraksi dengan maserasi ini adalah pengerjaan dan peralatan yang digunakan sederhana, sedangkan kerugiannya pengerjaannya membutuhkan waktu yang lama dan pelarut yang digunakan banyak (Harborne 1987).

Hasil maserasi disaring dan dipekatkan menggunakan penguap putar (*Rotary evaporator*) dengan suhu 50°C, sehingga diperoleh ekstrak kental sebesar 20 gram dan rendemen *P. ostreatus* sebesar 40%. Hasil analisis kualitatif karbohidrat dengan metode Barfoed menunjukkan bahwa ekstrak jamur tiram putih tidak mengandung monosakarida, hal ini ditunjukkan dengan terbentuknya warna hijau gelap pada sampel (data tidak ditunjukkan). Sebagai pembanding digunakan glukosa, hasil dari analisis glukosa positif mengandung monosakarida ditunjukkan dengan terbentuknya warna biru gelap dan endapan merah pada larutan. Analisis ini dilakukan pada suasana asam. Pada suasana asam, reaksi oksidasi akan lama terjadi, sehingga hanya monosakarida yang dapat teroksidasi dengan cepat.

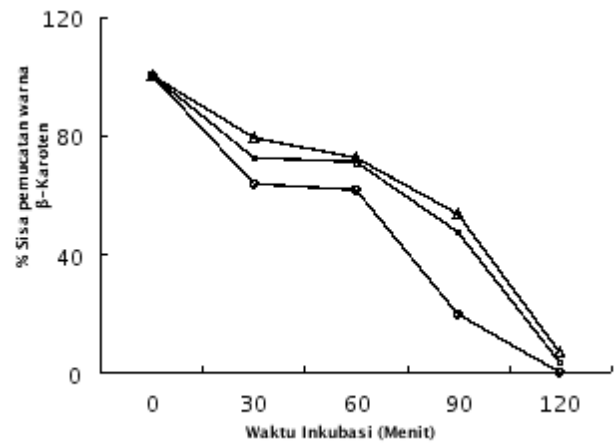
Pengujian konsentrasi ekstrak jamur tiram putih dilakukan dengan metode asam fenol sulfat. Metode ini dapat mengukur dua molekul gula pereduksi, gula sederhana, oligosakarida dan turunannya yang dideteksi dengan fenol dalam asam sulfat pekat dan akan menghasilkan warna jingga kekuningan yang stabil. Hasilnya menunjukkan bahwa konsentrasi polisakarida ekstrak jamur tiram putih adalah sebesar 31,7%.

Hasil pengujian aktivitas antimikroba senyawa polisakarida ekstrak jamur tiram putih terhadap mikroba uji ditandai dengan terbentuknya zona hambat disekitar kertas cakram. Zona hambat dari senyawa polisakarida ekstrak jamur tiram putih dan kloramfenikol dengan mikroba uji *B. subtilis* adalah sebesar 9,57 mm dan 57,52 mm, sedangkan untuk mikroba uji *E. coli*, adalah 8.55 mm dan 37.07 mm masing-masing untuk senyawa polisakarida ekstrak jamur tiram putih dan kloramfenikol. Untuk mikroba uji *C. tropicalis* tidak terbentuk zona hambat dari senyawa polisakarida, sedangkan dari nistatin terbentuk zona hambat sebesar 15.35 mm. Zona hambat dari sampel lebih kecil dibandingkan dengan kontrol positif (Kloramfenikol atau nistatin), tetapi zona hambat dari *B. subtilis* lebih besar dibandingkan dengan *E. coli*. Perbedaan ini dikarenakan struktur dinding sel *B. subtilis* (Gram positif) lebih sederhana dibandingkan dengan *E. coli* (Gram negatif) sehingga memudahkan masuknya senyawa antimikroba (Fithrotinnadhiroh 2013). Hasil ini menunjukkan senyawa polisakarida ekstrak jamur tiram putih aktif sebagai antimikroba terhadap *B. subtilis* dan *E. coli*, tetapi tidak untuk *C. tropicalis*. Hasil yang sama juga dilaporkan oleh Munir (2013) bahwa ekspotisakarida dari jamur tiram putih yang ditumbuhkan dalam media cair aktif sebagai antimikroba terhadap *B. subtilis* dan *E. coli*.

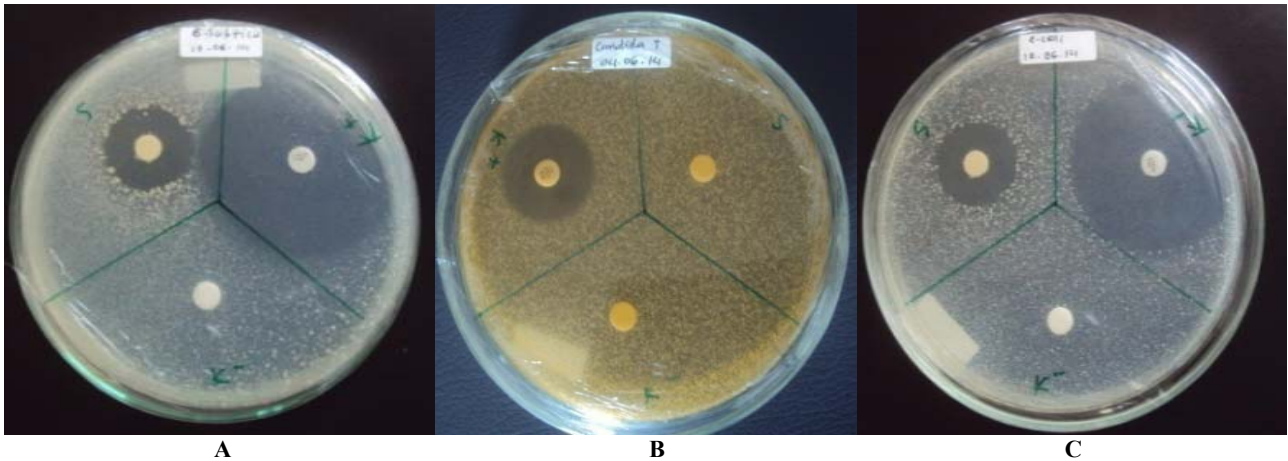
Zat antimikroba adalah zat yang dapat mengganggu pertumbuhan atau metabolisme mikroba. Berdasarkan aktivitasnya, zat antimikroba dibedakan menjadi 2 jenis, yaitu yang memiliki aktivitas bakteristatik atau



Gambar 1. Simplisia jamur tiram putih (*P. ostreatus*)



Gambar 3. Aktivitas antioksidan senyawa polisakarida ekstrak jamur tiram putih, (○ = aquadest; □ = ekstrak jamur tiram putih; △ = BHT)



Gambar 2. Zona hambat Ekstrak jamur tiram putih (*P. ostreatus*) terhadap (a) *B. subtilis* (b) *C. tropicalis* (c) *E. coli*

menghambat pertumbuhan bakteri dan yang memiliki aktivitas bakterisidal atau membunuh bakteri. Aktivitas antimikroba ditandai dengan terbentuknya suatu zona bening atau zona hambat di sekitar kertas cakram (Munir 2013). Zona hambat yang timbul dari uji antimikroba dapat dilihat pada Gambar 2.

Antioksidan adalah zat yang dapat menunda atau mencegah terjadinya reaksi antioksidasi radikal bebas dalam oksidasi lipid (Pokorni 2001). Reaksi oksidasi dapat menghasilkan radikal bebas dan memicu reaksi rantai, menyebabkan kerusakan sel tubuh. Antioksidan menghentikan reaksi berantai dengan melengkapi kekurangan elektron yang dimiliki radikal bebas dan menghambat reaksi oksidasi lainnya dengan sendirinya teroksidasi. Oleh karena itu, antioksidan sering kali merupakan reduktor seperti senyawa tiol, asam askorbat, ataupun polifenol. Pengujian aktivitas antioksidan ini menggunakan metode  $\beta$ -karoten, pemilihan metode  $\beta$ -karoten ini dikarenakan metode ini menggunakan senyawa atau bahan yang tidak bersifat karsinogenik.

Hasil pengujian aktivitas antioksidan senyawa polisakarida ekstrak jamur tiram putih yang ditandai dengan warna  $\beta$ -Karoten memucat, Aktivitas antioksidan sampel ini dibandingkan dengan senyawa BHT (*Butyl Hydroxy Toluene*) yang merupakan senyawa sintetik. Hasil persentase sisa pemucatan warna  $\beta$ -Karoten pada sampel tidak berbeda jauh dengan senyawa BHT (Gambar 3). Meskipun aktivitas antioksidan senyawa BHT lebih tinggi tetapi aktivitas antioksidan senyawa polisakarida ekstrak jamur tiram putih lebih aman dalam segi kesehatan karena berasal dari alam. Hasil yang sama juga dilaporkan oleh Sari (2012) bahwa ekstrak jamur tiram putih aktif sebagai antioksidan.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini didanai oleh DIPA Pusat Penelitian Biologi, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI) Tahun Anggaran 2014.

## DAFTAR PUSTAKA

- Akindahansi AA, Oyetayo FL. 2006. Nutrient and antinutrient distribution of edible mushroom, *Pleurotus tuber-regium* (fries) Singer. Food Sci. Technol 39: 548-553.
- Bintang M. 2010. Biokimia-Teknik Penelitian. Erlangga, Jakarta
- Chang ST, Miles PG. 1989. Edible Mushroom and their Cultivation. CRC Press, Boca Raton.
- Cohen R, Persky L, Hadar Y. 2002. Biotechnological application and potential of wood-degrading mushrooms of the Genus *Pleurotus*. Appl Microbiol Biotechnol. 58: 582-594
- Direktorat Jendral Pengawasan Obat dan Makanan. 2000. Parameter Standar Umum Ekstrak Tumbuhan Obat. Jakarta: Departemen Kesehatan Republik Indonesia.
- Direktorat Jendral Pengawasan Obat dan Makanan. 2005. Peraturan Kepala Badan Pengawasan Obat dan Makanan Republik Indonesia tentang Ketentuan Pokok Pengawasan Pangan Fungsional. Jakarta: Badan Pengawasan Obat dan Makanan Republik Indonesia.
- Fithrotinnadhiroh A. 2013. Uji Potensi Antibakteri Senyawa (+)-2,2'-epi-sitoskirin terhadap beberapa Jenis Bakteri Isolat Klinis secara In vitro. Jakarta: UIN Syarif Hidayatulloh.
- Handayani R, Sulistyio J. 2008. Sintesis senyawa flavonoid  $\alpha$ -glikosida secara reaksi transglikosida enzimatis dan aktivitasnya sebagai antioksidan. Biodiversitas. 9: 1-4.
- Harborne JB. 1987. Metode Fitokimia, Penuntun Cara Modern Mengekstraksi Tumbuhan. Terjemahan Padmawinata. K. Penerbit ITB, Bandung
- Munir M. 2013. Optimasi Produksi dan Aktivitas Senyawa Ekspolisakarida dari Jamur Tiram Putih (*Pleurotus ostreatus*) pada Media Cair [Skripsi]. Bogor: Institut Pertanian Bogor
- Norrel SA, Messley KE. 1997. Microbiology Laboratory Manual Principles and Applications. Prentice Hall, New Jersey (US).
- Pokorni. 2001. Antioxidant in Food; Practical Applications. CRC Press, New York.
- Pratiwi S. 2008. Mikrobiologi Farmasi. Gelora Aksara Pratama, Jakarta.
- Rhadika R, Jebapriya GR, Gnanadoss J et al. 2008. Studies on the phytochemical, antioxidant and antimicrobial properties of three *Pleurotus* sp collected indigenously. J Mol. Biol Biotechnol, 1,20-29.
- Sari IRM. 2012. Uji Aktivitas Anti Oksidan Ekstrak Jamur *Pleurotus ostreatus* dengan Metode DPPH dan Identifikasi Golongan Senyawa Kimia dari Fraksi Teraktif. [Skripsi]. FMIPA Program Sarjana Ekstensi Farmasi. Universitas Indonesia
- Wasser SP, Weis AL. 1999. Therapeutic effects of substances occurring in higher Basidiomycetes mushrooms: a modern perspective. Crit Rev Immunol 19: 65-96
- Widyastuti N, Baruji T, Giarni R, Isnawan H, Wahyudi P, Donowati. 2011. Analisa kandungan Beta-glukan larut air dan larut alkali dari tubuh buah jamur tiram putih (*Pleurotus ostreatus*) dan shiitake (*Lentinus edodes*). J Sains dan Teknologi Indonesia 13: 182-184.