

Daya Hambat Asap Cair Kayu Galam terhadap Serangan Jamur pada Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*)

The Effect of Galam Wood Vinegar to The Growth of Fungi on Water Hyacinth (*Eichhornia crassipes*)

Rais Salim

Balai Riset dan Standardisasi Industri Banjarbaru
Jl. P. Batur Barat No.2. Telp. 0511 - 4772461, 4774861 Banjarbaru
E-mail : raisredz@gmail.com

Diterima 02 Nopember 2016 direvisi 06 Desember 2016 disetujui 21 Desember 2017

ABSTRAK

Eceng gondok merupakan sejenis gulma yang dapat dijadikan bahan dasar produk kerajinan anyaman yang dapat dikomersialkan. Pada umumnya permasalahan dalam pemanfaatan material serat alam untuk produk kerajinan seperti pada anyaman eceng gondok adalah sangat rentan terhadap kelembaban yang dapat memicu serangan organisme perusak contohnya jamur. Salah satu bahan alternatif pengawetan eceng gondok dari serangan jamur adalah asap cair galam. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh aplikasi asap cair galam pada eceng gondok terhadap serangan jamur serta menentukan tingkat konsentrasi asap cair yang optimum pada eceng gondok untuk menghambat datangnya serangan jamur. Model penelitian menggunakan dua perlakuan yaitu faktor konsentrasi A₁ (20%), A₂(25%) dan A₃ (30%); dan faktor lama perendaman B₁ (7 jam), B₂(10 jam) dan B₃ (15 jam) serta dibandingkan dengan kontrol (0%). Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada uji lapangan, intensitas serangan jamur pada eceng gondok dengan perlakuan asap cair minggu ke-6 s/d minggu ke-10 berkisar antara 2-31%, sedangkan pada eceng gondok tanpa perlakuan, minggu ke-6 s/d minggu ke-10 berkisar antara 31,5 - 56%. Pada uji laboratorium, nilai rata-rata kehilangan bobot akibat serangan jamur *Aspergillus niger* dan *Penicillium* sp. pada eceng gondok dengan perlakuan berkisar antara 5,848-10,553% dan 6,664-11,874% sedangkan pada eceng gondok tanpa perlakuan yaitu 18,945% dan 14,325%. Perlakuan asap cair pada eceng gondok baik dari uji lapangan maupun uji laboratorium menunjukkan pengaruh secara nyata dalam menahan intensitas serangan jamur sehingga dapat digunakan sebagai bahan pengawet eceng gondok.

Kata kunci: eceng gondok, asap cair galam, *penicillium* sp., *aspergillus niger*

ABSTRACT

Eichhornia crassipes is a kind of weed species that can be used as material of woven handicrafts for commercial purposes. Generally, the problems that occurred while using natural fiber material (*Eichhornia crassipes*) for woven handicraft products were very susceptible from moisture that triggered organisms attack such as fungal attack. The alternative materials that can be used to protect *Eichhornia crassipes* from fungal attack is galam wood vinegar. The purpose of this research was to determine the effect of galam wood vinegar application to *Eichhornia crassipes* to against fungal attack and also to determine the optimum level of wood vinegar concentration to block the fungal attack on *Eichhornia crassipes*. The research used two treatments i.e: concentration variations A₁ (20%), A₂ (25%) and A₃ (30%); and soaking time variations B₁ (7 hours), B₂ (10 hours) and B₃ (15 hours). The results was compared with the controls (0%). The field test showed that the intensity of fungal attack in the *Eichhornia crassipes* treated by wood vinegar from week 6 to week 10 was ranged from 2-31%. Whereas the untreated *Eichhornia crassipes* from week 6 to week 10 was ranged from 31.5-56%. The laboratory

tests showed that the average value of weight loss of treated water hyacinth due to the attack by *Aspergillus niger* and *Penicillium sp.* ranged from 5.848-10.553% and 6.664-11.874%, while the the average value of weight loss of untreated water hyacinth were 18.945% and 14.325%. The treatment of wood vinegar to the *Eichhornia crassipes* in both field tests and laboratory tests showed significant effect in resisting fungal attack so that it can be used as a preservative for *Eichhornia crassipes*.

Keywords: water hyacinth, galam wood vinegar, penicillium sp., aspergillus niger

I. PENDAHULUAN

Eceng gondok merupakan jenis gulma yang termasuk famili *pontederiaceae* dan hidup di daerah tropis maupun subtropis (Gerbono & Djarijah, 2005). Ketersediaannya sangat melimpah di Indonesia karena pertumbuhannya yang cepat sehingga memiliki potensi yang besar dilihat dari segi bahan baku dan juga dari nilai jual yang tidak terlalu tinggi. Pasaribu & Sahwalita (2006) menyatakan bahwa dalam waktu 6 bulan pertumbuhan eceng gondok dapat mencapai 125 ton/ha dan dalam 1 ha dapat tumbuh sebanyak 500 kg/hari. Salah satu pemanfaatan eceng gondok adalah dapat dijadikan peluang usaha bagi industri kreatif sebagai bahan dasar kerajinan (*handy craft*) dengan membuatnya menjadi produk kerajinan anyaman. Bahan dasar yang digunakan untuk membuat kerajinan eceng gondok adalah batang eceng gondok yang telah dikeringkan yang dapat dijadikan sebagai bahan baku produk kerajinan anyaman yang dapat dikomersialkan. Hanya dengan berbekal keterampilan yang mudah dipelajari, didukung dengan kemauan, kreatifitas dan seni, maka eceng gondok dapat diolah menjadi kerajinan tas, sepatu, sandal, keranjang, tempat tissue bahkan dapat dibuat mebel seperti kursi, meja dan sofa. Produk eceng gondok layak dikategorikan sebagai produk unik sehingga hal ini merupakan peluang besar bagi para pengrajin mebel dan produk souvenir lainnya untuk mengisi pasar ekspor (Retnoningrum, 2011).

Pada umumnya permasalahan dalam pemanfaatan material serat alam untuk produk kerajinan seperti pada anyaman eceng gondok adalah sangat rentan terhadap kelembaban yang dapat memicu serangan organisme perusak contohnya serangan jamur. Cara menghindari

serangan jamur kemudian dilakukan pada proses finishing produk anyaman eceng gondok tersebut. Umumnya jenis bahan finishing yang tepat untuk anyaman adalah jenis cat atau bahan coating yang memiliki sifat lapisan film kering yang kuat, liat dan lentur. Jika tidak, lapisan film cat atau coating yang menempel dipermukaan serat anyaman akan mudah pecah, mengelupas dan rontok ketika anyaman sedang bergerak meregang dan menyusut. Ketika lapisan film cat atau coating yang menutup dan melindungi material anyaman tersebut telah mengalami keretakan, mengelupas dan rontok maka pada dasarnya fungsi utama lapisan cat sebagai mantel pelindung telah gagal berfungsi (*malfunction*). Akibatnya, kelembaban udara akan mudah masuk dan diserap oleh material serat alam dan selanjutnya jamur akan mudah tumbuh disusul dengan kerusakan-kerusakan dan penurunan kualitas produk anyaman. Pilihan produk *cat/coating* yang khusus didesain untuk produk anyaman juga tidak banyak sehingga para pengrajin atau bahkan para profesional industri anyaman masih terpaksa menggunakan pilihan bahan *wood coating* yang banyak tersedia dipasaran (Listantoro, 2009).

Salah satu bahan yang dapat dipakai sebagai alternatif pengawetan anyaman eceng gondok dari serangan organisme perusak sebelum dilakukan finishing produk adalah dengan pengawet alami asap cair. Asap cair (*wood vinegar*) adalah campuran cairan organik yang dihasilkan melalui kondensasi asap selama proses karbonisasi atau pirolisis kayu. Asap cair mengandung senyawa fenol, asam, dan karbonil yang memiliki pengaruh kuat dalam menghambat pertumbuhan mikroorganisme karena senyawa tersebut mempunyai sifat sebagai antimikroba dan

antioksidan (Pszczola, 1995). Asap cair dari bambu dan pohon daun lebar memiliki kandungan asam asetat dan fenol yang bersifat antifungi (Velmurugan, Han & Lee, 2009). Asap cair dari tanaman bakau dengan konsentrasi 0,1% mampu menghambat pertumbuhan jamur *Scieritium rolfsii* (Nurhayati, 2000). Selain itu, asap cair yang dihasilkan dari tempurung kelapa, bambu dan kayu *Eucalyptus* efektif mengendalikan pertumbuhan cendawan. Sifat antifungi dari asap cair tersebut terutama disebabkan oleh adanya senyawa fenol (Baimark & Niamsa, 2009). Fenol mempunyai efek bakterisida dan fungisida yang dapat mengontrol pertumbuhan mikroba. Oleh karena itu, asap cair diharapkan dapat diaplikasikan untuk mencegah serangan jamur dan melindungi produk kerajinan anyaman agar tetap awet dan tahan lama. Penggunaan asap cair sebagai bahan antifungi alami juga lebih ramah lingkungan karena bersifat mudah terurai dan terbaharui.

Kayu galam adalah salah satu bahan berlignoselulosa yang dapat dijadikan sebagai bahan potensial penghasil asap cair. Kalimantan Selatan merupakan salah satu daerah penghasil kayu galam yang cukup potensial di Indonesia dimana pemanfaatan kayu galam masih terbatas pada bahan bangunan dan konstruksi. Secara ekonomis, harga kayu galam juga sangat murah dibanding kayu lainnya (Junaidi & Yunus, 2009). Menurut Pujilestari (2007), kayu galam menghasilkan rendemen asap cair yang cukup tinggi yaitu 15,45% jika dibandingkan dengan kayu akasia dan kayu karet yang hanya 10,17% dan 5,90%. Potensi kayu galam tersebut belum termanfaatkan sepenuhnya untuk kegiatan produktif yang dapat meningkatkan nilai tambahnya. Dengan demikian diharapkan redistilat asap cair dari kayu galam dapat menjadi salah satu bahan pencegah dan penghambat pertumbuhan jamur pada eceng gondok dalam pembuatan produk kerajinan anyaman berbasis eceng gondok.

II. BAHAN DAN METODE

2.1. Bahan dan Peralatan

Bahan penelitian yang digunakan terdiri dari asap cair kayu galam yang diperoleh dari Konsorsium Riset Pengelolaan Hutan Tropis Berkelanjutan Universitas Lambung Mangkurat, batang eceng gondok kering, *buffer* pH 4,7, indikator *phenolftalein*, *Natrium hidroksida* (NaOH) 0,1N, *Natrium nitrit* (NaNO₂), 4-nitro aniline, *Natrium karbonat* (Na₂CO₃) 20%, *aluminium foil*, *Potato Dextrose Agar* (PDA), alkohol 70%, air suling, ekstrak *malt* dan kapas. Peralatan yang digunakan adalah seperangkat alat distilasi, pemanas listrik, kondensor, peralatan gelas (gelas kimia, gelas ukur dan pipet ukur), oven, wadah (ember, baskom dan jerigen), piknometer, mikroskop, *autoclave*, gelas pengujian sampel, *spektrofotometer Ultra Violet-Visible (UV-Vis)*, dan alat uji *Gas Chromatography Mass Spectrometry (GC-MS)*.

2.2. Metode

Prosedur penelitian pengawetan eceng gondok dengan menggunakan asap cair ini meliputi: (a). Asap cair dimurnikan dengan cara distilasi. Asap cair diendapkan selama seminggu sampai bagian asap cair yang berwarna gelap mengendap. Asap cair yang telah mengendap tersebut kemudian dimasukkan ke dalam labu distilasi yang dipanaskan pada suhu 100-110°C selama 4-5 jam menggunakan pemanas listrik. Uap yang terbentuk kemudian masuk ke dalam pipa pendingin balik (kondensor) dan distilat ditampung dalam labu. Hasil distilasi inilah yang kemudian dijadikan sebagai bahan pengawet pada eceng gondok (c). Analisis kandungan asap cair meliputi kandungan kimia (GCMS), pH, total asam tertitrisasi (TAT) dan berat jenis (d). Pengawetan eceng gondok yaitu batang eceng gondok yang telah kering udara dipotong - potong dengan ukuran ± 20 cm dan ± 3 cm dengan diameter ± 1 cm dan membuat campuran larutan dengan variasi konsentrasi asap cair 20%, 25% dan 30% kemudian dilakukan pengawetan pada batang eceng gondok tersebut dengan

Tabel 1. *Standard of Wood Vinegar Quality in Japan*

Parameter	Distilled Wood Vinegar
pH value	1,5 - 3,7
Specific gravity	>1,001
Percentage of organic acid	1 - 8 %
Color	Colorless, Pale Yellow, Pale Reddish, Brown
Transparency	Transparent
Floating matters	No Floating Matters

Sumber : Yatagai, 2002 dalam Nurhayati, Roliadi, & Bermawie, 2005

Tabel 2. Kelas Ketahanan Terhadap Serangan Jamur

Kelas	Ketahanan	Penurunan Berat (%)
I	Sangat Tahan	≤ 1
II	Tahan	1 - 5
III	Agak Tahan	5 - 10
IV	Tidak Tahan	10 - 30
V	Sangat Tidak Tahan	30

Sumber : Badan Standardisasi Nasional (2014)

metode perendaman dingin selama 7 jam; 10 jam; dan 15 jam.

Untuk mengetahui pengaruh konsentrasi dan lama perendaman dilakukan perhitungan dengan rancangan acak faktorial 2 faktor yaitu pertama faktor variasi konsentrasi A_1 (20%); A_2 (25%); dan A_3 (30%); kedua faktor lama perendaman B_1 (7 jam); B_2 (10 jam); dan B_3 (15 jam) serta dibandingkan dengan kontrol (0%), dengan model rancangan menurut Sudjana (1985) pada Persamaan 1. Setiap perlakuan dilakukan ulangan sebanyak lima kali untuk uji lapangan dan tiga kali untuk uji laboratorium.

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + B_j + AB_{ij} + E_{ijk} \quad (1)$$

- μ = Nilai rata-rata harapan
- A_i = Pengaruh perlakuan A pada tingkat ke-i
- B_i = Pengaruh perlakuan B pada tingkat ke-j
- AB_{ij} = Interaksi AB pada tingkat ke-i (A), tingkat ke-j (B)
- E_{ijk} = Kesalahan percobaan

Pengujian intensitas serangan jamur yaitu menggunakan metode uji lapangan dan metode uji laboratorium (pengumpanan jamur) sesuai dengan metode uji SNI 7207:204 tentang Uji Ketahanan Kayu terhadap Organisme Perusak Kayu. Analisis tingkat serangan jamur pada eceng gondok menggunakan dua metode yaitu uji lapangan dan uji laboratorium (pengumpanan jamur).

2.2.1. Uji lapangan

Contoh uji dibiarkan selama beberapa minggu di dalam ruangan terbuka (tempat penyimpanan) dengan kisaran kelembaban antara 70 - 75% sampai terkena serangan jamur, kemudian setiap 1 minggu selanjutnya dilakukan pengamatan contoh uji sampai pada minggu ke-5 setelah terkena serangan jamur untuk mengetahui dan menghitung intensitas serangan jamur. Intensitas serangan jamur pada contoh uji dihitung dengan menggunakan Persamaan 2.

$$IS = \frac{A}{B} \times 100\% \quad (2)$$

Keterangan :

- IS = Intensitas Serangan
- A = Luas Serangan Jamur (cm²)
- B = Luas Permukaan Contoh Uji (cm²)

2.2.2. Uji laboratorium (pengumpanan jamur)

Contoh uji yang steril dan diketahui beratnya dimasukkan ke dalam gelas yang sudah berisi biakan jamur pengujian yang sudah dipastikan tidak terkontaminasi. Biakan jamur yang terkontaminasi harus diganti dan tidak digunakan untuk pengujian. Pengamatan dilakukan setelah 12 minggu. Contoh uji dibersihkan dari miselium dan contoh uji tersebut dimasukkan ke dalam oven selama 24 jam. Persentase kehilangan berat dihitung atas dasar selisih berat contoh uji sebelum dan sesudah diserang jamur. Persentase penurunan bobot dihitung untuk menentukan besarnya serangan jamur terhadap ketahanan eceng gondok yang dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 3.

$$P = \frac{W_1 - W_2}{W_1} \times 100\% \quad (3)$$

Keterangan :

- P = Persentase penurunan bobot (%)
- W₁ = Bobot kering tanur contoh uji sebelum pengujian(gram)
- W₂ = Bobot kering tanur contoh uji setelah pengujian(gram)

Penentuan ketahanan eceng gondok didasarkan atas beberapa kelas seperti Tabel 2.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Analisa GCMS

Kandungan senyawa asap cair kayu galam hasil distilasi berdasarkan analisa GCMS dapat dilihat pada Tabel 3.

Hasil pengujian GCMS asap cair kayu galam hasil distilasi (Tabel 3) menunjukkan adanya senyawa turunan phenol dan komponen lainnya. Total kadar phenol adalah ± 77,069% dengan senyawa turunan phenol yaitu 2-methoxy-4-methylphenol; Phenol, 4-ethyl-2-methoxy-(CAS) p-Ethylguaiacol; Phenol, 3,4-dimethoxy-, acetate (CAS) 3,4-Dimethoxyphenyl acetate; Phenol, 2,3-dimethoxy-, acetate (CAS) 2,3-dimethoxyphenyl acetate dan 3-Allyl-6-methoxyphenol sedangkan total kadar asam asetat adalah ± 7,139% dengan senyawa turunannya adalah Phenol,3,4-

dimethoxy-, acetate (CAS) 3,4-Dimethoxyphenyl acetate dan Phenol,2,3-dimethoxy-,acetate (CAS) 2,3-dimethoxyphenyl acetate dan sisanya adalah komponen senyawa lainnya sebesar 22,931% yang terdiri dari senyawa 1H-Inden-1-one,2,3-dihydro-(CAS) 1-Indanone; butane 1,2-dideutero-2-(P-anisyl); 1,2,4-Trimethoxybenzene dan Ethanone, 1-(2,6-dihydroxy-4-methoxyphenyl. Senyawa-senyawa kimia tersebut umumnya merupakan hasil dari degradasi pirolisis selulosa dan hemiselulosa dan utamanya dari lignin karena tingginya konsentrasi turunan senyawa fenol pada asap cair kayu tersebut. Kadar atau kandungan fenol dalam asap cair dipengaruhi oleh kandungan lignin dari kayu (Girard, 1992; Marasabessy, 2007). Menurut Simon, Calle, Palme, Meier, & Anklam (2005), pirolisis lignin akan menghasilkan fenol dan senyawa turunannya yang penting sebagai bahan pengawet. Fenol selain bersifat antimikroba juga sebagai antioksidan. Sifat ini terdapat terutama pada senyawa turunan fenol dengan titik didih tinggi, seperti 2,6-dimethoksi fenol, 2,6-dimethoksi-4-metil fenol dan 2,6-dimethoksi-4-ethyl fenol (Kramlich, Pearson, & Tauber, 1973; Komarayati, Gusmailina& Pari, 2011b).

Tabel 3. Hasil Analisa GCMS Distilasi Asap Cair Kayu Galam

Name	R.Time	m/z	Area	Height	Conc.Un
2-Methoxy-4-methylphenol	5.144	138.00	35721004	7640024	42.014%
Phenol, 4-ethyl-2-methoxy-(CAS) p-Ethylguaiacol	5.849	137.00	22430482	7993751	26.382%
1H-Inden-1-one,2,3-dihydro-(CAS) 1-Indanone	5.955	132.00	1106851	255011	1.302%
Phenol,3,4-dimethoxy-,acetate (CAS) 3,4-Dimethoxyphenyl acetate	6.431	154.00	1729482	1037085	2.034%
Phenol,2,3-dimethoxy-,acetate (CAS) 2,3-DIMETHOXYPHENYL ACETATE	6.476	154.00	4340393	2702486	5.105%
3-Allyl-6-methoxyphenol	6.529	164.00	1303919	638329	1.534%
BUTANE 1,2-DIDEUTERO-2-(P-ANISYL)	6.623	137.00	3092693	1910244	3.638%
1,2,4-Trimethoxybenzene	7.329	168.00	5049034	1164985	5.938%
1,2,4-Trimethoxybenzene	7.329	168.00	5055782	1165128	5.946%
Ethanone, 1-(2,6-dihydroxy-4-methoxyphenyl	8.073	167.00	5192666	1513644	6.107%
TOTAL					100%

Tabel 4. Nilai Variabel Pengamatan Kualitas Asap Cair Kayu Galam berdasarkan *Standard of Wood Vinegar Quality in Japan*

Variabel pengamatan	Hasil Penelitian	<i>Standard of Wood Vinegar Quality in Japan</i>	Keterangan
pH value	2,9±0,046	1,5 - 3,7	Memenuhi Standar
Specific gravity	0,999±0,0014	>1,001	Tidak Memenuhi Standar
Percentage of organic acid (%)	31,93%±0,64	1 - 18 %	Tidak Memenuhi Standar
Color	Kuning pucat	Colorless, Pale Yellow, Pale Reddish, Brown	Memenuhi Standar
Transparency	Tidak keruh	Transparent	Memenuhi Standar
Floating matters	Tidak ada benda terapung	No Floating Matters	Memenuhi Standar

3.2. Analisa Fisik Asap Cair

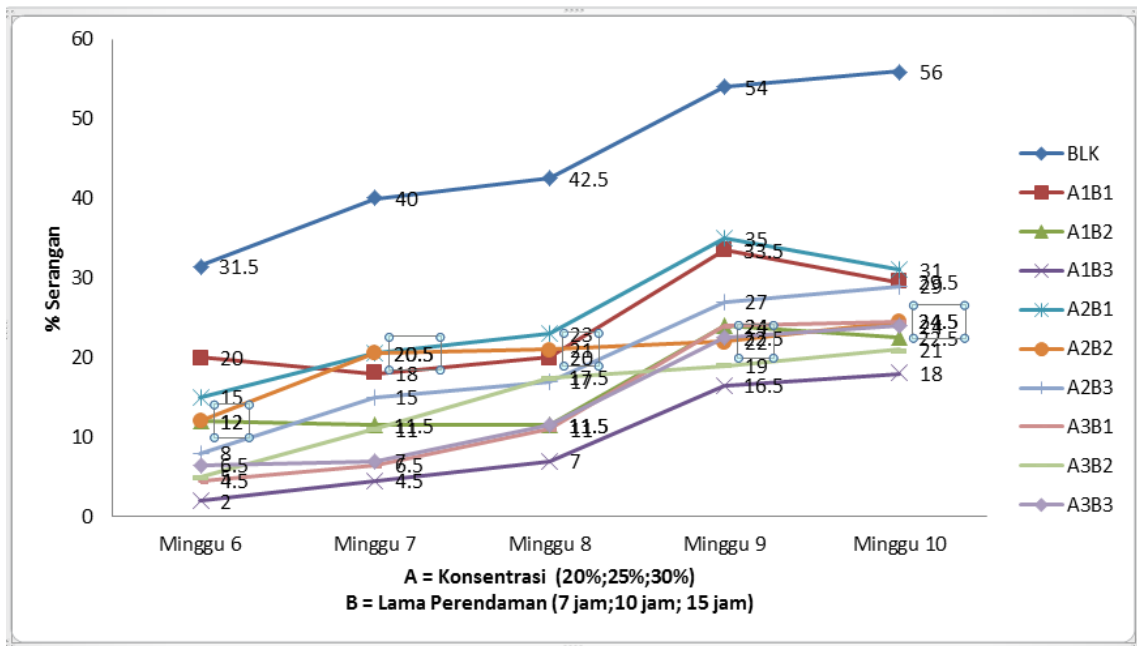
Berdasarkan analisa yang telah dilakukan, maka didapatkan kualitas distilasi asap cair kayu galam berdasarkan *Standard of Wood Vinegar Quality in Japan* sebagaimana ditampilkan pada Tabel 4.

Pengukuran nilai pH bertujuan untuk mengetahui tingkat proses penguraian bahan baku untuk menghasilkan asam organik berupa asap secara pirolisis. Nilai pH yang diperoleh pada penelitian ini berkisar 2,864-2,952 dengan rata-rata 2,9 (Tabel 4). Nilai pH asap cair kayu yang dihasilkan memenuhi standar mutu asap cair kayu Jepang (1,5-3,7). Secara keseluruhan asap cair kayu memiliki nilai pH rendah (bersifat asam). Nilai pH yang rendah berarti asap cair yang dihasilkan berkualitas tinggi terutama dalam hal penggunaannya sebagai bahan pengawet. Nilai pH yang rendah berpengaruh terhadap nilai awet dan daya simpan suatu produk karena berperan dalam mengganggu pertumbuhan dan perkembangbiakan mikroba sebagai organisme perusak.

Berat jenis menunjukkan banyaknya komponen yang ada di dalam asap cair kayu yang mempengaruhi berat asap cair kayu tersebut. Hasil pengukuran berat jenis asap cair kayu pada penelitian ini adalah 0,999 g/ml (Tabel 4). Nilai berat jenis asap cair kayu yang dihasilkan tersebut belum memenuhi standar mutu asap cair kayu Jepang (>1,001). Rendahnya nilai berat jenis asap cair kayu tersebut kemungkinan disebabkan oleh suhu distilasi yang masih rendah yaitu berkisar 100-110°C. Menurut Luditama (2006), suhu distilasi dapat mempengaruhi nilai berat jenis asap cair kayu. Berat jenis asap cair kayu semakin

tinggi seiring dengan peningkatan suhu distilasi. Menurut Darmadji (2002), suhu distilasi asap cair kayu dapat dilakukan dari suhu 100°C hingga 150°C sehingga suhu distilasi pada penelitian ini masih dapat ditingkatkan untuk mendapatkan nilai berat jenis yang sesuai dengan standar.

Pengukuran total asam tertitrisasi merupakan penentuan konsentrasi total asam pada asap cair kayu. Hasil pengukuran total asam titrasi dalam asap cair kayu berkisar 31,440-32,658% dengan rata-rata total asam titrasi 31,93% (Tabel 4). Konsentrasi total asam pada asap cair kayu sangat tinggi sehingga belum memenuhi standar mutu asap cair kayu Jepang (1-18%). Tingginya nilai total asam tertitrisasi kayu galam kemungkinan disebabkan oleh tingginya kandungan holoselulosa kayu galam. Berdasarkan klasifikasi komposisi kimia kayu daun, kayu galam memiliki komponen holoselulosa yang tinggi yaitu 75,39% (Sutopo, 2005). Holoselulosa adalah komposisi kimia kayu yang terdiri dari selulosa, hemiselulosa dan pektin (Junaidi & Yunus, 2009). Tingginya temperatur dan waktu pirolisis juga menyebabkan semakin tinggi panas pada kayu untuk menguraikan hemiselulosa dan selulosa menjadi komponen senyawa kimia yang bersifat asam terutama asam asetat (Prasetyowati, Novianty & Haryuni, 2014). Selanjutnya Girard (1992), menjelaskan bahwa pada suhu 200-450°C terjadi degradasi hemiselulosa, selulosa dan lignin dalam kayu. Secara visual, warna asap cair kayu galam yang dihasilkan setelah dilakukan distilasi adalah warna kuning pucat, tidak keruh dan tanpa bahan terapung. Secara keseluruhan kenampakan visual asap cair kayu sudah memenuhi



Gambar 1. Intensitas Serangan Jamur pada Eceng Gondok selama ± 6 - 10 Minggu

standar mutu asap cair kayu Jepang (Tabel 4). Warna asap cair kayu dipengaruhi oleh bahan-bahan yang terkandung di dalam bahan baku khususnya lignin dan zat ekstraktif. Warna asap cair kayu juga dipengaruhi adanya kandungan ter yang terdapat pada asap cair kayu tersebut. Senyawa asam organik dalam asap cair juga memberikan warna pada asap cair cuka kayu (Wibowo, 2000).

3.3. Intensitas Serangan Jamur

3.3.1. Uji Lapangan

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan, intensitas serangan jamur pada eceng gondok selama ± 6 – 10 minggu dapat dilihat pada Gambar 1. Pengujian ketahanan jamur di lapangan dengan meletakkan contoh uji pada keadaan lingkungannya bertujuan untuk melihat fluktuasi dan efektifitas serangan jamur berdasarkan faktor alami sehingga hasil yang diperoleh lebih realistis dengan kondisi lingkungan. Pengamatan secara visual terhadap batang eceng gondok menunjukkan bahwa serangan jamur mulai terjadi ketika memasuki minggu ke-6 dimana umumnya jamur yang menyerang berbentuk seperti bulir-bulir kecil, halus, bergerombol, dan sifatnya rapuh dengan warna abu-abu sampai dengan warna

putih. Berdasarkan hasil isolasi dan identifikasi jamur pada eceng gondok di laboratorium menunjukkan bahwa jenis jamur yang umumnya menyerang adalah kelompok jamur kelas *Ascomycetes* khususnya dari jenis *Aspergillus niger* dan *Penicillium* sp. (Gambar 2).

Hasil pengukuran intensitas serangan jamur pada minggu ke-6 s/d minggu ke-10 menunjukkan bahwa intensitas serangan jamur secara keseluruhan mengalami peningkatan serangan sampai pada minggu terakhir pengamatan (Gambar 1).



Gambar 2. Isolasi Jamur pada Batang Eceng Gondok

Tabel 5. Daftar Sidik Ragam Persentase Serangan Jamur Minggu ke- 6 s/d Minggu ke-10

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Persentase serangan jamur minggu ke-6	Between Groups	132.900	9	14.767	5.489	.000
	Within Groups	107.600	40	2.690		
	Total	240.500	49			
Persentase serangan jamur minggu ke-7	Between Groups	193.445	9	21.494	5.075	.000
	Within Groups	169.400	40	4.235		
	Total	362.845	49			
Persentase serangan jamur minggu ke-8	Between Groups	178.905	9	19.878	4.455	.000
	Within Groups	178.500	40	4.462		
	Total	357.405	49			
Persentase serangan jamur minggu ke-9	Between Groups	213.425	9	23.714	2.972	.008
	Within Groups	319.200	40	7.980		
	Total	532.625	49			
Persentase serangan jamur minggu ke- 10	Between Groups	202.825	9	22.536	2.246	.039
	Within Groups	401.300	40	10.032		
	Total	604.125	49			

Tabel 6. Uji Homogenitas *Duncan Test* Persentase Serangan Jamur Minggu ke-6 s/d Minggu ke-10

Serangan jamur minggu ke-6	N	Subset for alpha = 0.05			
		1	2	3	4
A1B3	5	.4000			
A3B2	5	1.0000	1.0000		
A3B3	5	1.3000	1.3000		
A2B3	5	1.6000	1.6000		
A3B1	5	1.6000	1.6000		
A1B2	5	2.4000	2.4000	2.4000	
A2B2	5	2.4000	2.4000	2.4000	
A2B1	5		3.0000	3.0000	
A1B1	5			4.0000	
BLK	5				6.3000
Sig.		.102	.102	.167	1.000
Serangan jamur minggu ke-7	N	Subset for alpha = 0.05			
A1B3	5	.9000			
A3B2	5	1.3000	1.3000		
A3B3	5	1.4000	1.4000		
A2B3	5	2.2000	2.2000		
A3B1	5	2.3000	2.3000		
A1B2	5	3.0000	3.0000		
A2B2	5	3.6000	3.6000		
A2B1	5		4.1000		
A1B1	5		4.1000		
BLK	5			8.0000	
Sig.		.078	.071	1.000	
Serangan jamur minggu ke-8	N	Subset for alpha = 0.05			
A1B3	5	1.4000			
A3B2	5	2.2000	2.2000		
A3B3	5	2.3000	2.3000		
A2B3	5	2.3000	2.3000		

A3B1	5	3.4000	3.4000		
A1B2	5	3.4000	3.4000		
A2B2	5	4.0000	4.0000		
A2B1	5	4.2000	4.2000		
A1B1	5		4.6000		
BLK	5			8.5000	
Sig.		.078	.131	1.000	
Serangan jamur minggu ke-9		Subset for alpha = 0.05			
	N	1	2	3	4
A1B3	5	3.3000			
A3B2	5	3.8000			
A3B3	5	4.4000			
A2B3	5	4.5000			
A3B1	5	4.8000			
A1B2	5	4.8000			
A2B2	5	5.4000			
A2B1	5	6.7000			
A1B1	5	7.0000			
BLK	5		10.8000		
Sig.		.084	1.000		
Serangan jamur minggu ke-10		Subset for alpha = 0.05			
	N	1	2	3	4
A1B3	5	3.6000			
A3B2	5	4.2000			
A3B3	5	4.5000			
A2B3	5	4.8000			
A3B1	5	4.9000			
A1B2	5	5.8000			
A2B2	5	5.9000			
A2B1	5	6.2000			
A1B1	5	6.4000			
BLK	5		11.2000		
Sig.		.243	1.000		

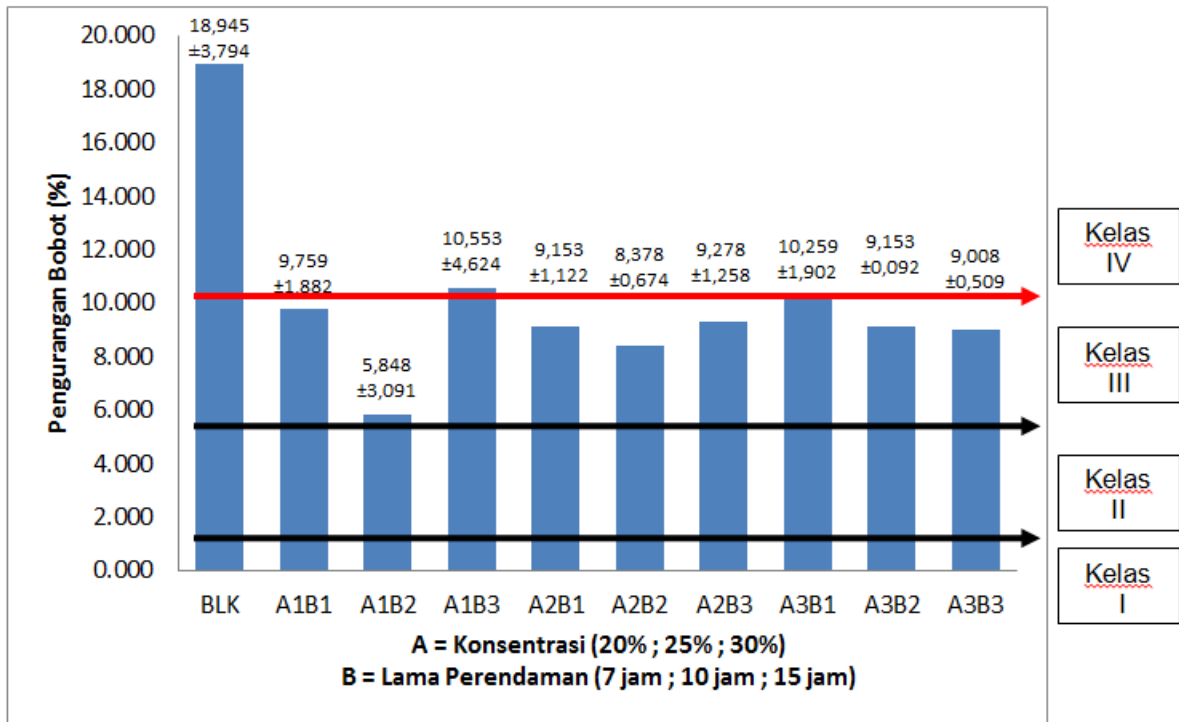
Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Hasil pengukuran intensitas serangan jamur pada eceng gondok minggu ke-6 berkisar antara 2 - 31,5%; minggu ke-7 antara 4,5 - 40%; minggu ke-8 antara 7 - 42,5%; minggu ke-9 antara 16,5% - 54% dan minggu ke-10 antara 18 - 56%. Untuk mengetahui pengaruh antara kontrol (BLK) dan antar perlakuan konsentrasi asap cair dan lama perendaman terhadap nilai persentase serangan jamur maka dilakukan perhitungan sidik ragam seperti pada Tabel 5.

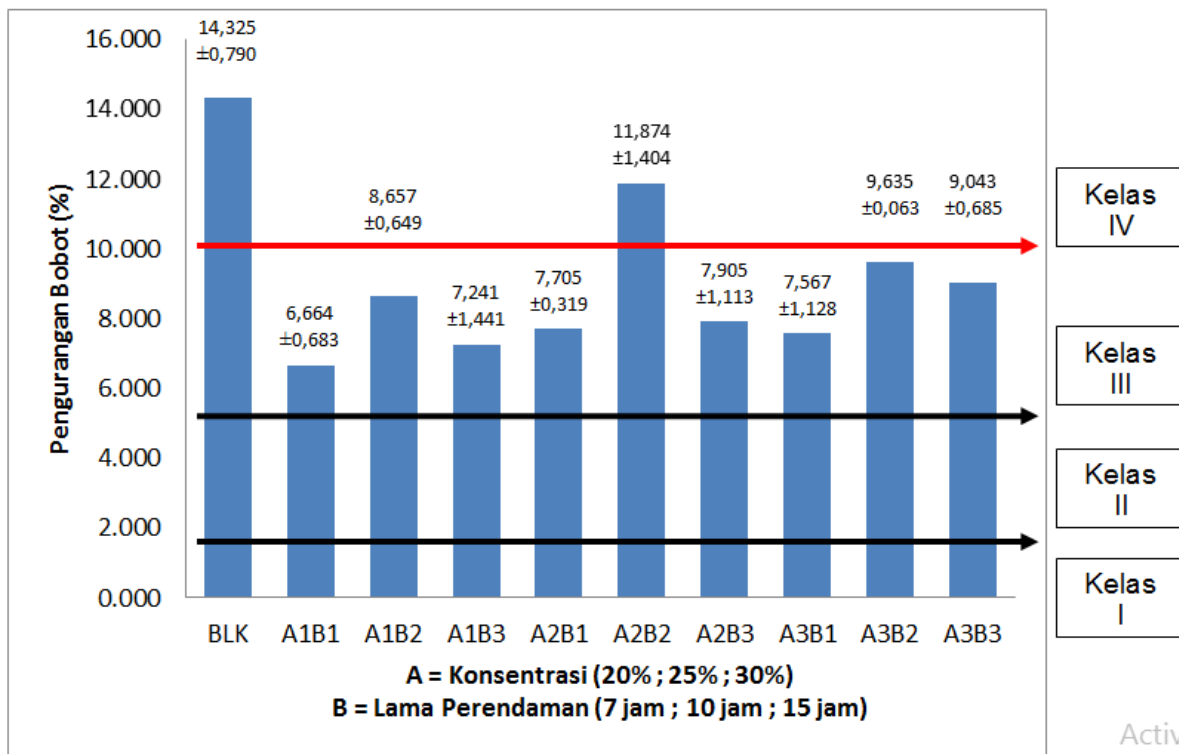
Berdasarkan Tabel 5 terlihat bahwa terjadi perbedaan secara nyata pada contoh uji terhadap persentase serangan jamur dari minggu ke-6 s/d minggu ke-10 (Sig=0-0,039<0,05). Uji homogenitas

menggunakan Duncan Test dilakukan untuk mengetahui lebih lanjut perbedaan nilai persentase serangan seperti pada Tabel 6.

Berdasarkan hasil uji homogenitas menunjukkan bahwa memasuki minggu ke-9 dan ke-10 kelompok subset menyisakan 2 kelompok subset yang berbeda secara nyata yaitu: (1) eceng gondok dengan perlakuan dan (2) eceng gondok tanpa perlakuan. Persentase serangan untuk masing-masing perlakuan pada minggu ke-10 adalah BLK (56%), A1B1 (29,5%), A1B2 (22,5%), A1B3 (18%), A2B1 (31%), A2B2 (24,5%), A2B3 (29%), A3B1 (24,5%), A3B2 (21%) dan A3B3 (24%). Secara keseluruhan pengukuran intensitas



Gambar 3. Pengurangan Bobot Uji rata-rata oleh Jamur *Aspergillus niger*



Gambar 4. Pengurangan Bobot Uji rata-rata oleh Jamur *Penicillium* sp.

serangan jamur pada eceng gondok dari minggu ke-6 sampai minggu ke-10 menunjukkan bahwa eceng gondok tanpa perlakuan berbeda secara nyata dengan semua eceng gondok dengan perlakuan asap cair. Hal ini membuktikan bahwa ada pengaruh nyata pemberian asap cair pada eceng gondok dalam menahan intensitas serangan jamur. Eceng gondok A1B3 (konsentrasi 20% dan perendaman 15 jam) merupakan eceng gondok yang paling baik dalam menahan serangan jamur pada tiap interval waktu pengamatan.

Rendahnya intensitas serangan jamur pada eceng gondok dengan perlakuan asap cair kemungkinan disebabkan karena adanya senyawa fenol dan asam organik dalam asap cair yang melekat atau terserap oleh eceng gondok tersebut yang dapat berfungsi untuk menghambat pertumbuhan mikroba termasuk jamur. Menurut Davidson & Branden (1981), mekanisme aktivitas senyawa anti mikroba fenol antara lain adalah: (a) reaksi dengan membran sel yang menyebabkan terganggunya kerja permeabilitas membran sel, (b) inaktivasi enzim-enzim esensial, (c) perusakan atau inaktivasi fungsional material genetik, dan (d) bekerja sebagai penghidrolisis lipid sehingga merusak membran sel. Selanjutnya Duke (1985), mengatakan senyawa fenolat yang diisolasi dari tumbuhan tinggi dapat menghambat pertumbuhan mikroorganisme dengan menghambat sintesis asam amino dan fenilalanin amonialiase. Vickery & Vickery (1981), menyatakan senyawa fenolat mempengaruhi fungsi mitokondria sehingga mengganggu respirasi sel. Hal ini menyebabkan penghambatan pertumbuhan jamur tersebut. Hasil uji GCMS asap cair kayu galam pada penelitian ini menunjukkan bahwa total

kadar fenol adalah sangat tinggi yaitu $\pm 77,069\%$ yang terbagi dalam beberapa senyawa turunannya. Sedangkan efek antimikroba asam dari asap cair diduga secara langsung dapat mengasamkan sitoplasma, merusak tegangan permukaan membran dan hilangnya transport aktif makanan melalui membran sehingga menyebabkan destabilisasi bermacam-macam fungsi dan struktur komponen sel (Ray & Sandine, 1992; Nugroho & Aisyah, 2013). Hasil uji konsentrasi total senyawa asam asap cair kayu galam menunjukkan nilai yang cukup tinggi yaitu 31,93%.

3.3.2. Uji Laboratorium

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan, tingkat efektifitas pengawetan eceng gondok dengan asap cair kayu galam terhadap serangan jamur *Aspergillus niger* dan *Penicillium sp.* dapat dilihat pada Gambar 3 dan 4. Tingkat efektifitas pengawetan eceng gondok menggunakan asap cair terhadap jamur *Aspergillus niger* dan *Penicillium sp.* ditentukan berdasarkan besarnya persentase pengurangan bobot pada eceng gondok dengan nilai pengurangan bobot. Berdasarkan hasil pengujian dapat diketahui bahwa nilai rata-rata kehilangan bobot eceng gondok akibat serangan jamur *Aspergillus niger* berkisar antara 5,848-18,945% sedangkan pada jamur *Penicillium sp.* berkisar antara 6,664 - 14,325%. Perhitungan sidik ragam dilakukan untuk mengetahui pengaruh antara kontrol (BLK) dan antar perlakuan konsentrasi asap cair dan lama perendaman terhadap nilai persentase pengurangan bobot eceng gondok akibat serangan jamur *Aspergillus niger* dan *Penicillium sp.* seperti pada Tabel 7.

Tabel 7. Daftar Sidik Ragam Pengurangan Bobot Eceng Gondok oleh Jamur *Aspergillus niger* dan *Penicillium sp.*

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Persentase Pengurangan Bobot akibat serangan <i>Aspergillus niger</i>	Between Groups	309.694	9	34.410	6.139	.000
	Within Groups	112.100	20	5.605		
	Total	421.795	29			
Persentase Pengurangan Bobot akibat serangan <i>Penicillium sp.</i>	Between Groups	151.733	9	16.859	19.498	.000
	Within Groups	17.293	20	.865		
	Total	169.026	29			

Tabel 8. Uji Homogenitas *Duncan Test* Pengurangan Bobot Eceng Gondok oleh Jamur *Aspergillus niger* dan *Penicillium* sp.

<i>Aspergillus niger</i>	N	Subset for alpha = 0.05					
		1	2	3	4	5	6
A1B2	3	5.8483					
A2B2	3	8.3787	8.3787				
A3B3	3	9.0080	9.0080				
A3B2	3	9.1527	9.1527				
A2B1	3	9.1530	9.1530				
A2B3	3	9.2783	9.2783				
A1B1	3	9.7593	9.7593				
A3B1	3	10.2593	10.2593				
A1B3	3		10.5523				
BLK	3			18.9447			
Sig.		.060	.337	1.000			
<i>Penicillium</i> sp.	N	Subset for alpha = 0.05					
		1	2	3	4	5	6
A1B1	3	6.6637					
A1B3	3	7.2407	7.2407				
A3B1	3	7.5677	7.5677	7.5677			
A2B1	3	7.7053	7.7053	7.7053			
A2B3	3	7.9047	7.9047	7.9047			
A1B2	3		8.6577	8.6577	8.6577		
A3B3	3			9.0433	9.0433		
A3B2	3				9.6353		
A2B2	3					11.8740	
BLK	3						14.3247
Sig.		.157	.108	.095	.237	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed

Berdasarkan Tabel tersebut, terlihat bahwa terjadi perbedaan secara nyata pada beberapa contoh uji terhadap persentase pengurangan bobot oleh serangan jamur *Aspergillus niger* dan *Penicillium* sp. (Sig=0<0,05). Untuk mengetahui lebih lanjut perbedaan nilai pengurangan bobot uji maka kemudian dilanjutkan dengan uji homogenitas menggunakan *Duncan Test* seperti pada Tabel 8.

Berdasarkan hasil uji homogenitas, eceng gondok A1B2 (konsentrasi 20% dan perendaman 10 jam) merupakan eceng gondok yang paling baik dalam menahan kehilangan bobot oleh serangan jamur *Aspergillus niger* dan berbeda nyata dengan eceng gondok A1B3 (20% dan 15 jam) sedangkan eceng gondok tanpa perlakuan (BLK) memberikan perbedaan yang nyata dengan semua eceng gondok dengan perlakuan. Berdasarkan Tabel 2, nilai rata-rata kehilangan bobot eceng gondok BLK (tanpa perlakuan) oleh jamur

Aspergillus niger termasuk dalam kategori tidak tahan atau masuk dalam kelas tahan IV sedangkan eceng gondok dengan perlakuan termasuk dalam kategori agak tahan atau masuk dalam kelas tahan III. Hanya eceng gondok A1B3 (20% dan 15 jam) yang memberikan perbedaan nyata dengan perlakuan terbaik dan masuk dalam kelas IV. Hal ini menunjukkan bahwa perlakuan asap cair pada eceng gondok memberikan pengaruh nyata karena dapat meningkatkan kelas ketahanan eceng gondok dari kelas IV ke kelas III dari serangan jamur *Aspergillus niger*.

Eceng gondok A1B1 (konsentrasi 20% dan perendaman 7 jam) merupakan eceng gondok yang paling baik dalam menahan kehilangan bobot oleh serangan jamur *Penicillium* sp. dan berbeda nyata dengan eceng gondok A1B2 (20%:10 jam), A3B3 (30%:15 jam), A3B2 (30%:10 jam) dan A2B2 (25%:10 jam) sedangkan eceng gondok tanpa perlakuan (BLK)

memberikan perbedaan yang nyata dengan semua eceng gondok dengan perlakuan. Berdasarkan Tabel kelas ketahanan jamur, nilai rata-rata kehilangan bobot eceng gondok BLK (tanpa perlakuan) oleh *Penicillium* sp. termasuk dalam kategori tidak tahan atau masuk dalam kelas tahan IV sedangkan eceng gondok dengan perlakuan termasuk dalam kategori agak tahan atau masuk dalam kelas tahan III. Hanya eceng gondok A2B2 (25% dan 10 jam) yang memberikan perbedaan nyata dengan perlakuan terbaik dan masuk dalam kelas IV. Hal ini juga menunjukkan bahwa perlakuan asap cair pada eceng gondok memberikan pengaruh nyata karena dapat meningkatkan kelas ketahanan eceng gondok dari kelas IV ke kelas III dari serangan jamur *Penicillium* sp.

Jamur pengurai lignoselulosa merupakan jamur yang dapat menguraikan lignin dan selulosa menjadi senyawa karbon (C) yang lebih sederhana sehingga dapat diserap oleh mikroba itu sendiri atau mikroba lain sebagai sumber energi. Jamur ini menghasilkan ligninase yaitu enzim yang dapat menguraikan senyawa lignin dan selulase yaitu enzim yang dapat menguraikan selulosa (Subowo, 2010). Menurut Zeng *et al.*, (2006) dan Yang, Hongli, Wang, & Chen (2005), jamur *Penicillium decumbens* P6 dan *Penicillium simplicissimum* termasuk contoh jamur pengurai lignin sedangkan *Aspergillus niger* termasuk contoh jamur pendegradasi selulosa (Lakshmikanth, 1990). Jamur *Aspergillus niger* dan *Penicillium* sp. merupakan jenis jamur dari kelompok jamur kelas *Ascomycetes*. Kelas *Ascomycetes* merupakan jamur pelapuk coklat pada kayu dan umumnya mendegradasi karbohidrat pada tanah, serasah hutan dan kompos serta dapat mendegradasi lignin pada beberapa substrat (Ujjani, 2009). Menurut Amrullah, Nawir, Abdullah & Tambaru (2013), isolat jamur kelas *ascomycetes* dari genus *Penicillium* sp. dan *Aspergillus niger* bersifat lignolitik yaitu memiliki kemampuan mendegradasi lignin dengan rasio aktifitas lignolitik 2,3 mm dan 3 mm. Pemberian asap cair pada eceng gondok terbukti secara nyata mampu menahan serangan

jamur *Aspergillus niger* dan *Penicillium* sp. Tingginya kandungan senyawa fenolik dan kadar asam pada asap cair kayu galam kemungkinan mempengaruhi tingkat ketahanan eceng gondok terhadap serangan jamur tersebut.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian maka dapat disimpulkan bahwa perlakuan asap cairkayu galam pada eceng gondok baik dari uji lapangan maupun uji laboratorium menunjukkan pengaruh secara nyata dalam menahan intensitas serangan jamur dan juga meningkatkan kelas ketahanan eceng gondok dari kelas IV ke kelas III dari serangan jamur *Aspergillus niger* dan *Penicillium* sp. Komposisi terbaik adalah asap cair pada konsentrasi 20% dengan lama perendaman 10 jam sudah lebih efektif dalam menahan serangan jamur *Ascomycetes* sebesar 22,5% khususnya jamur *Aspergillus niger* dan *Penicillium* sp.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Ibu Fitri Yulianti, S.Si, Nurmilatina, S.Si, dan Bapak Andi Gunadi atas kerjasamanya dalam pelaksanaan penelitian ini. Serta kepada semua pihak yang telah membantu dalam pelaksanaan penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Amrullah, M., Nawir, N. H., Abdullah, A., & Tambaru, E. (2013). Isolasi Jamur Mikroskopik Pendegradasi Lignin Dari Beberapa Substrat Alami. *Jurnal Alam Dan Lingkungan*, 4(7), 19–25. Retrieved from http://repository.unhas.ac.id/bitstream/handle/123456789/15454/Mujahidah_EDAR_ASADI_ELIS_ISOLASI_JAMUR_MIKROSKOPIK_PENDEGRADASI_LIGNIN_DARI_BEBERAPA_SUBSTRAT_ALAMI.pdf;sequence=1
- Baimark, Y., & Niamsa, N. (2009). Study on Wood Vinegars for Use as

- Coagulating and Antifungal Agents on the Production of Natural Rubber Sheets. *Biomass and Bioenergy*, 33(6–7), 994–998. <http://doi.org/DOI:http://dx.doi.org/10.1016/j.biombioe.2009.04.001>
- Darmadji, P. (2002). Optimasi Pemurnian Asap Cair dengan Metoda Redistilasi. *Jurnal Teknologi Dan Industri Pangan*, XIII(3), 267–271. Retrieved from <http://jagb.journal.ipb.ac.id/index.php/jtip/article/view/5312>
- Davidson, P. M., & Branden, A. L. (1981). Antimicrobial Activity of Non-Halogenated Phenolic Compounds. *Journal of Food Protection*, 44(8), 623–632. Retrieved from <http://www.jfoodprotection.org/doi/pdf/10.4315/0362-028X-44.8.623?code=fopr-site>
- Duke, S. O. (1985). Biosynthesis of Phenolic Compounds, Chemical Manipulation in Higher Plants. In A. C. Thompson (Ed.), *The Chemistry of Allelopathy* (pp. 113–131). Stoneville, USA: U.S. Department of Agriculture. <http://doi.org/10.1021/bk-1985-0268.ch008>
- Gerbono, A., & Djarijah, A. S. (2005). *Teknologi Tepat Guna Kerajinan Eceng Gondok* (1st ed.). Yogyakarta, Indonesia: Kanisius.
- Girard, J. P. (1992). *Technology Meat & Meat Products*. New York, London, Toronto, Sydney, Tokyo, Singapore: Ellis Horwood Ltd.
- Junaidi, A. B., & Yunus, R. (2009). Kajian Potensi Tumbuhan Gelam (*Melaleuca cajuputi* Powell) Untuk Bahan Baku Industri Pulp: Aspek Kandungan Kimia Kayu. *Jurnal Hutan Tropis Borneo*, 10(28), 284–291. Retrieved from <http://download.portalgaruda.org/article.php?article=96204&val=5070>
- Komarayati, S., Gusmailina, & Pari, G. (2011). Produksi Cuka Kayu Hasil Modifikasi Tungku Arang Terpadu (Production of Wood Vinegar that Resulted from the Integrated Kiln Modification). *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, 29(3), 234–247. Retrieved from [http://www.pustekolah.org/data_content/attachment/3._Sri_Gusmai_Gustan_\(Produks_._._.pdf](http://www.pustekolah.org/data_content/attachment/3._Sri_Gusmai_Gustan_(Produks_._._.pdf)
- Kramlich, W. E., Pearson, A. M., & Tauber, F. W. (1973). *Processed Meats* (2nd ed.). AVI Pub. Co.Inc.
- Lakshmikanth. (1990). Cellulose Degradation and Cellulase Activity of Five Cellulolytic Fungi. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 6(1), 64–66. <http://doi.org/10.1007/BF01225357>
- Listantoro, N. S. (2009). *Analisis Kualitas Anyaman Berbahan Enceng Gondok untuk Mengembangkan Desain Kursi Rotan Berorientasi Ekspor pada Sentra Industri Mebel Rotan di Kabupaten Sukoharjo*. Universitas Sebelas Maret Surakarta. Retrieved from https://www.google.co.id/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwjxgZT0p_RAhUMMY8KHXEID4YQFggbMAA&url=https%3A%2F%2Fdigilib.uns.ac.id%2Fdokumen%2Fdownload%2F14540%2FMjkzNzk%3D%2FAnalisis-kualitas-anyaman-berbahan-enceng-gondok-untuk-mengembangkan-desain-kursi-rotan-berorientasi-ekspor-pada-sentra-industri-mebel-rotan-di-Kabupaten-Sukoharjo-abstrak.pdf&usq=AFQjCNFnQBURl_U Bum7m5SfSAep9RPcByA&sig2=LjwLhq40htEBjEWi5fJnDA&bvm=bv.146094739,d.c2l
- Luditama, C. (2006). *Isolasi dan Pemurnian Asap Cair Berbahan Dasar Tempurung dan Sabut Kelapa Secara Pirolisis dan Distilasi*. Institut Pertanian Bogor. Retrieved from <https://core.ac.uk/download/pdf/32372481.pdf>
- Marasabessy, I. (2007). *Produksi Asap Cair dari Limbah Pertanian dan Penggunaannya dalam Pembuatan Ikan Tongkol (*Euthynnus affinis*) Asap*. Institut Pertanian Bogor. Retrieved from

- <https://core.ac.uk/download/pdf/32344812.pdf>
- Badan Standardisasi Nasional. (2014). SNI 7207:2014-Uji Ketahanan Kayu Terhadap Organisme Perusak Kayu. Jakarta: BSN.
- Nugroho, A., & Aisyah, I. (2013). Efektivitas Asap Cair dari Limbah Tempurung Kelapa Sebagai Biopestisida Benih di Gudang Penyimpanan. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, 31(1), 1–8.
- Nurhayati, T. (2000). Sifat Destilat Hasil Destilasi Kering 4 Jenis Kayu dan Kemungkinan Pemanfaatannya Sebagai Pestisida. *Buletin Penelitian Hasil Hutan*, 17(3), 160–168.
- Nurhayati, T., Roliadi, H., & Bermawie, N. (2005). Production of Mangium (Acacia mangium) Wood Vinegar and Its Utilization. *Journal of Forestry Research*, 2(1), 13–25. Retrieved from [http://download.portalgaruda.org/article.php?article=434478&val=6160&title=PRODUCTION OF MANGIUM \(Acacia mangium\) WOOD VINEGAR AND ITS UTILIZATION](http://download.portalgaruda.org/article.php?article=434478&val=6160&title=PRODUCTION OF MANGIUM (Acacia mangium) WOOD VINEGAR AND ITS UTILIZATION)
- Pasaribu, G., & Sahwalita. (2006). Pengolahan Eceng Gondok Sebagai Bahan Baku Kertas Seni. In *Ekspose Hasil-Hasil Penelitian : Konservasi dan Rehabilitasi Sumberdaya Hutan* (pp. 111–118). Padang, Indonesia: Pusat Penelitian dan Pengembangan Hutan dan Konservasi Alam. Retrieved from <http://storage.jak-stik.ac.id/ProdukHukum/kehutan/Gunawan.pdf>
- Prasetyowati, Novianty, A. P., & Haryuni, M. R. (2014). Pembuatan Asap Cair dari Limbah Kulit Singkong (Manihot Esculenta L. SKIN) untuk Bahan Pengawet Kayu. *Teknik Kimia*, 20(1), 64–75. Retrieved from <http://jtk.unsri.ac.id/index.php/jtk/article/view/165/164>
- Pszczola, D. E. (1995). Tour Highlights Production and Uses of Smoke-Based Flavors. *Food Technology*, 49(1), 70–74.
- Pujilestari, T. (2007). Pengaruh Cuka Kayu Galam (Malaleuca cajuput), Akasia (Acacia mangium) dan Karet (Havea brasiliensis) Terhadap Daya Tahan Simpan Ikan Segar. *Jurnal Riset Industri*, 1(3), 147–154. Retrieved from <http://ejournal.kemenperin.go.id/jri/article/view/21/17>
- Ray, B., & Sandine, W. E. (1992). Acetic, Propionic, and Lactic Acid of Starter Culture Bacteria as Biopreservatives. In *Food Biopreservatives of Microbial Origin* (1st ed.). Boca Raton, USA: CRC Press.
- Retnoningrum, R. A. (2011). *Pemanfaatan Eceng Gondok Sebagai Produk Kerajinan: Studi Kasus di KUPP Karya Muda "Syarina Production" Desa Kebondowo Kecamatan Banyubiru*. Universitas Negeri Semarang. Retrieved from <http://lib.unnes.ac.id/11260/1/9045.pdf>
- Simon, R., Calle, B. de la, Palme, S., Meier, D., & Anklam, E. (2005). Composition and Analysis of Liquid Smoke Flavouring Primary Products. *Journal of Separation Science*, 28, 871–882. <http://doi.org/10.1002/jssc.200500009>
- Subowo, Y. (2010). Uji Aktifitas Enzim Selulase dan Ligninase dari Beberapa Jamur dan Potensinya Sebagai Pendukung Pertumbuhan Tanaman Terong (Solarium melongena). *Berita Biologi*, 10(1), 1–6. Retrieved from http://e-journal.biologi.lipi.go.id/index.php/berita_biologi/article/view/2044/1919
- Sudjana. (1985). *Desain dan Analisis Eksperimen* (3rd ed.). Bandung, Indonesia: Tarsito.
- Sutopo, R. S. (2005). *Karakteristik Industri Pulp*. Bandung, Indonesia.
- Ujiani, Z. D. (2009). *Identifikasi Jamur Pendegradasi Lignin pada Serasah Bitti (Vitex cofassus Reinw.) dari Kabupaten Bulukumba*. Universitas Hasanuddin.

- Velmurugan, N., Han, S. S., & Lee, Y. S. (2009). Antifungal Activity of Neutralized Wood Vinegar with Water Extracts of *Pinus densiflora* and *Quercus serrata* Saw Dusts. *International Journal of Environmental Research*, 3(2), 167–176. Retrieved from http://www.sid.ir/en/VEWSSID/J_pdf/108220090202.pdf
- Vickery, M. L., & Vickery, B. (1981). *Secondary Plant Metabolism*. London, UK.: Macmillan Press.
- Wibowo, S. (2000). *Industri Pengasapan Ikan*. Jakarta, Indonesia: Penebar Swadaya.
- Yang, J., Hongli, Y., Wang, H., & Chen, W. (2005). Purification and characterization of lignin peroxidases from *Penicillium decumbens* P6. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 21(4), 435–440. <http://doi.org/10.1007/s11274-004-1876-2>
- Zeng, G. M., Yu, H. Y., Huang, H. L., Huang, D. L., Chen, Y. N., Huang, G. H., & Li, J. B. (2006). Laccase activities of a soil fungus *Penicillium simplicissimum* in relation to lignin degradation. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 22(4), 317–324. <http://doi.org/10.1007/s11274-005-9025-0>