

## BIOAKTIVITAS ASAP CAIR DAUN JATI (*Tectona grandis* L.f) TERHADAP JAMUR PELAPUK PUTIH (*Schizophyllum commune*)

*Bioactivity of Liquid Smoke from Teak Leafs (*Tectona grandis*) Against White Root Fungus (*Schizophyllum commune*)*

Yeremias P B Waton<sup>1</sup>, Astuti Arif<sup>1</sup>✉, Syahidah<sup>1</sup>, Andang Suryana Soma<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Lab. Pemanfaatan dan Pengolahan Hasil Hutan, Fakultas Kehutanan, Universitas Hasanuddin, Makassar

<sup>2</sup>Lab. Pengelolaan Daerah Aliran Sungai, Fakultas Kehutanan, Universitas Hasanuddin, Makassar

✉corresponding author: [astuti\\_arif@unhas.ac.id](mailto:astuti_arif@unhas.ac.id)

### ABSTRACT

This research aimed to evaluate the bioactivity of liquid smoke from teak leaves to the *Schizophyllum commune* Fries fungus. The research was conducted in several steps, i.e., pyrolysis of liquid smoke and efficacy test of liquid smoke as an antifungal. The agar media used was PDA (potatoes dextrose agar). The concentration of liquid smoke used for the treatment were 0; 0.25%; 0.50%; 0.75%; 1.00%; 1.25%; and 1.50% (v/v). The results indicated that the liquid smoke inhibited the *Schizophyllum commune* fungi growth. The concentration of liquid smoke resulted in significantly different antifungal activities. Liquid smoke with a concentration of 1% and 1.25% produced an average antifungal activity of 44.44% with a somewhat resistant category. The contents of organic fractions of liquid smoke, such as acid and phenol, might be responsible for these antifungal activities.

Keywords: Liquid smoke, pyrolysis teak leaf, antifungal, *Schizophyllum*

### A. PENDAHULUAN

Ketersediaan kayu akhir-akhir ini makin terbatas terutama kayu kelas awet I dan II sehingga masyarakat beralih mempergunakan kayu kelas awet III dan IV yang mempunyai tingkat keawetan alami yang rendah. Persediaan kayu untuk bangunan dan pertukangan di masa yang akan datang dikhawatirkan tidak dapat terpenuhi (Hasibuan, 2014). Pemanfaatan kayu-kayu yang kurang awet ini dapat merugikan karena kerentanannya terhadap faktor perusak kayu terutama faktor biologis seperti jamur, serangga dan binatang laut (*marine borer*). Di antara faktor biologis, jamur pelapuk kayu juga mempunyai andil yang cukup besar terhadap kerusakan kayu (Anis dkk., 2010). Berdasarkan Badan Standarisasi Nasional (2006), salah satu jenis jamur pelapuk kayu yang memiliki daya serang atau virulensi tinggi dan banyak ditemukan di Indonesia adalah jamur grigit (*Schizophyllum commune* Fries) yang merupakan jamur pelapuk putih (white root) dan termasuk ke dalam famili dari Schizophyllaceae.

Dalam usaha untuk mengatasi kerusakan kayu yang disebabkan oleh jamur pada umumnya dilakukan dengan menggunakan fungisida sintesis yang mengandung zat-zat kimia yang sulit terdegradasi di alam, sehingga berpotensi menyebabkan pencemaran lingkungan (Astuti, 2015). Salah satu alternatif yang berpotensi untuk mengurangi penggunaan bahan pengawet kayu sintetik adalah menggantikannya dengan bahan alami yang ramah lingkungan, tetapi efektif terhadap jamur adalah pemanfaatan asap cair. Asap cair (*liquid smoke*) merupakan hasil kondensasi atau pengembunan uap

hasil pembakaran secara langsung maupun tidak langsung dari bahan-bahan yang banyak mengandung lignin, selulosa, hemiselulosa serta senyawa karbon lainnya (Darmadji, 2002). Produk cuka kayu atau asap cair tidak hanya dihasilkan dari kayu saja, tetapi juga dari bahan-bahan berlignoselulosa lainnya. Oleh karena itu, bahan baku pembuatan asap cair ini bisa divariasikan, baik dari kayu maupun non kayu. Sejauh ini sudah ada beberapa penelitian tentang kemampuan asap cair dalam menghambat pertumbuhan jamur seperti asap cair dari bambu dan kayu, dimana kayu daun lebar memiliki kandungan asam asetat dan fenol yang bersifat antifungi (Velmurugan dkk., 2009). Secara umum, asap cair mengandung tiga komponen utama, yaitu asam asetat, fenol, dan alkohol. Penamaan cuka pada asap cair karena senyawa yang mendominasi (sekitar 50%) adalah asam asetat - CH<sub>3</sub>COOH (Corryanti dan Astanti, 2015).

Salah satu bahan non kayu yang bisa dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan asap cair adalah daun jati (*Tectona grandis*) yang sudah gugur. Kayu ini telah dikenal memiliki kandungan senyawa yang menyebabkan kayu jati memiliki kelas awet yang tinggi, bahkan studi Candiana dkk. (2019) mengkategorikan kayu jati yang berumur 5 tahun dalam kelas awet II. Senyawa *naphthoquinone* (seperti lapachol) dan *anthraquinone* (seperti tectoquinon) yang diekstrak dari serbuk kayu jati diketahui memainkan peranan penting dalam meningkatkan ketahanan kayu terhadap organisme perusak. Hasil penelitian Marie-France dkk. (2001) menemukan balok kayu pinus yang telah diberi ekstrak lapachol dan tektokuinon memiliki kemampuan proteksi dari serangan jamur Basidiomycetes. Senyawa

tectoquinon tidak hanya dapat ditemukan pada bagian kayu, tetapi juga bagian lain pada tanaman. Selain bersifat antijamur, tectoquinon juga diketahui bersifat antibakteri. Daun jati sendiri dilaporkan mengandung komponen alami antara lain: tektokuinon, asam galat, asam tanat, dan asam-asam organik lainnya yang bersifat sebagai antibakteri (Effendi, 2012). Meskipun studi terkait sifat antifungal dari asap cair berbahan kayu dan bambu telah ditemukan efektif menahan serangan jamur, namun informasi terkait kemampuan asap cair dari bagian lain tanaman seperti daun belum banyak diketahui. Oleh karena itu, penelitian ini dirancang untuk mengetahui efektivitas asap cair yang dihasilkan dari daun jati terhadap serangan *Schizophyllum commune* Fries.

**B. METODE PENELITIAN**

**Tempat dan Waktu**

Penelitian dilaksanakan pada Mei dan Juli 2021. Pengambilan bahan baku daun jati dilakukan di tegakan jati yang berada di Fakultas Ilmu Budaya Universitas Hasanuddin, pengujian asap cair terhadap jamur dilakukan di Laboratorium Terpadu Fakultas Kehutanan Universitas Hasanuddin, sedangkan pirolisis asap cair dikerjakan di Balai Penelitian dan Pengembangan Lingkungan Hidup dan Kehutanan Kota Makassar.

**Koleksi dan Persiapan Sampel Daun Jati**

Sampel daun dikumpulkan dari daun yang sudah gugur tapi belum mengalami pelapukan. Sampel daun dikumpulkan dari tegakan jati di Kampus Unhas

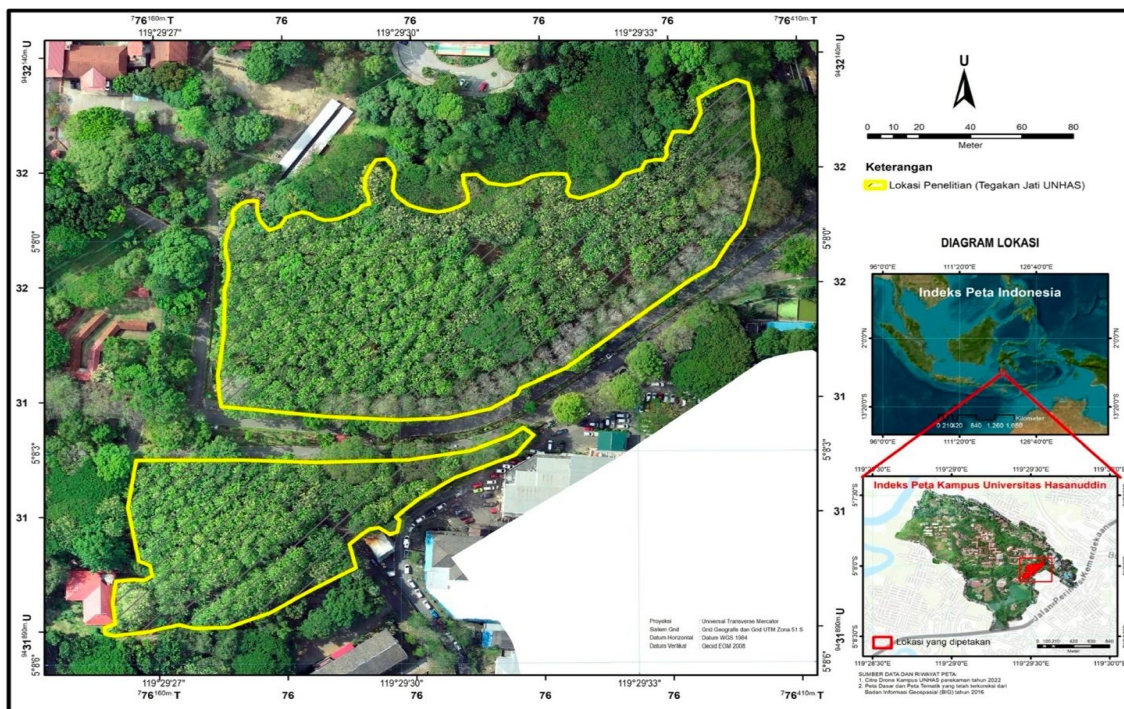
Tamalanrea, dengan posisi geografis pada 119° 29' 31.351" BT dan 5° 8' 0.570" LS , sebagaimana diperlihatkan pada Gambar 2. Sampel yang telah dikumpulkan dicuci dan diangin-anginkan sebelum proses lanjut untuk menyeragamkan kondisi daun.

**Koleksi Isolat**

Jamur pelapuk kayu dari jenis *Schizophyllum commune* Fries diperoleh dari Laboratorium Teknologi Hasil Hutan Fakultas Kehutanan Universitas Tanjungpura Pontianak.

**Proses Pembuatan Asap Cair**

Pembuatan asap cair (Gambar 2.) dilakukan dengan metode yang dikembangkan oleh Tranggono dkk. (1996) dan Darmadji dkk.( 2006) dengan tahapan sebagai berikut: Daun jati kering sebanyak kurang lebih 17 kg dimasukkan ke dalam reaktor kemudian ditutup dan rangkaian kondensor dipasang. Dapur pemanas lalu dihidupkan dengan suhu 360 °C. Waktu pirolisis yang digunakan adalah 40 menit. Asap yang keluar dari reaktor disalurkan ke kolom pendingin melalui pipa penyalur, kemudian ke dalam kolom pendingin ini dialirkan air dingin dengan menggunakan pompa. Embunan berupa asap cair ditampung dalam botol, sedangkan asap yang tidak dapat diembunkan dibuang melalui pipa penyalur asap sisa. Selanjutnya asap cair diukur kadar keasamannya dengan menggunakan pH-meter. Rendemen asap cair termasuk di dalamnya tar dan arang yang diperoleh dihitung sebagai persentase berat dengan menggunakan persamaan (1).



Gambar 1. Lokasi penelitian



**Gambar 2.** Pembuatan asap cair: (a) memasukan bahan baku dalam reactor, (b) pirolisis, (c) penampungan asap cair, dan (d) produk asap cair dari daun jati

$$\% \text{ Rendemen} = \frac{m_1}{m_0} \times 100\% \tag{1}$$

Di mana,  $m_0$  adalah massa bahan baku awal (g); dan  $m_1$  adalah massa asap cair yang dihasilkan (g)

**Pengujian Terhadap Jamur**

Pengujian asap cair daun jati terhadap jamur dilakukan dengan menggunakan prosedur yang mengacu pada Loman (1970) dalam Yoshimoto dan Syafii (1993). Tahapan pengujian sebagai berikut: ke dalam cawan petri steril dimasukkan media pertumbuhan jamur (PDA), kemudian ditambahkan asap cair yang akan diuji sesuai dengan konsentrasi pengujian, yaitu 0, 0,25, 0,50, 0,75, 1,0, dan 1,25% (v/v). Inokulum jamur *S. commune* dari biakan berumur 5 hari dengan diameter 6 mm diinokulasikan di tengah cawan petri. Pengukuran diameter jamur inokulum tersebut dilakukan dengan menggunakan alat cork borer. Kemudian seluruh media yang telah diberi inokulum diinkubasi pada suhu 23°C dalam inkubator selama 10 hari. Untuk perlakuan kontrol, ditanam satu isolat jamur *S. commune* pada cawan petri yang terdiri dari media PDA saja. Pengujian dihentikan pada saat pertumbuhan miselium jamur pada media kontrol mencapai tepi cawan petri dan dilakukan pengukuran panjang hifa miselium pada setiap perlakuan. Selanjutnya dilakukan perhitungan antifungal indeks atau nilai *Antifungal Activity* (AFA) berdasarkan metode yang dikembangkan oleh Mori dkk. (1997). AFA (%) dihitung dengan persamaan (2).

$$\text{AFA (\%)} = 100 \times (\text{DC}-\text{DT}) / \text{DC} \tag{2}$$

Di mana, DT adalah diameter pertumbuhan miselium pada media yang diberi perlakuan (cm); DC adalah diameter pertumbuhan miselium pada media kontrol (cm)

Kategori dari nilai indeks antijamur atau aktivitas antijamur dapat dilihat pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Kategori tingkatan aktivitas anti jamur

Antifungal Activity (AFA)	Kategori
AFA > 75%	sangat tahan
75% ≤ AFA < 50%	tahan
50% ≤ AFA < 25%	agak tahan
25% ≤ AFA < 0%	tidak tahan
0	sangat tidak tahan

Sumber: Mori dkk. (1997)

**Analisis Data**

Analisis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah analisis perbandingan dengan membandingkan indeks anti jamur antara sampel yang diberi perlakuan dan sampel tanpa perlakuan (kontrol).

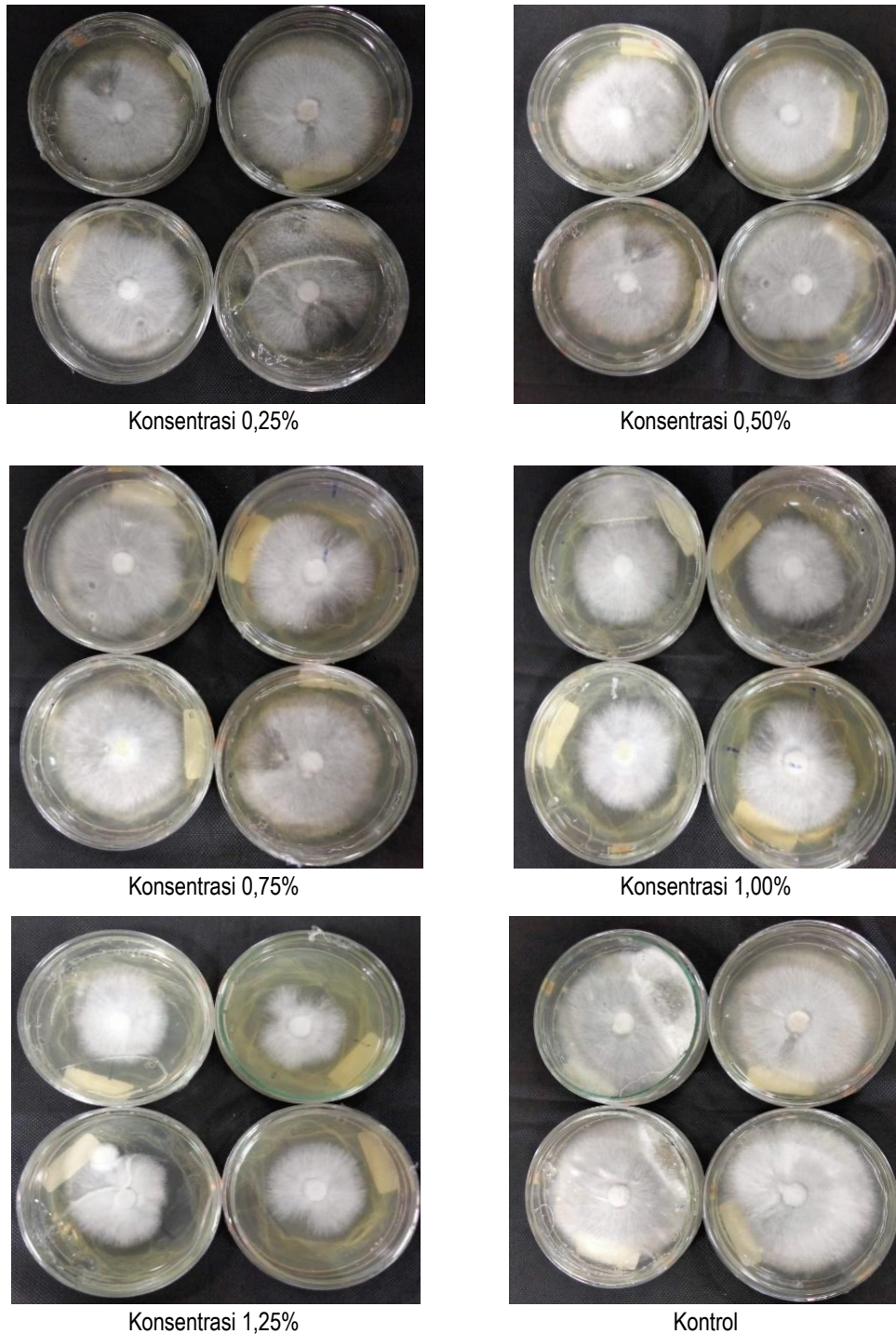
**C. HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Hasil Pembuatan Asap Cair**

Rendemen asap cair yang dihasilkan dari proses pembakaran daun jati sebesar 17,6%, dengan tingkat keasaman asap cair yang dihasilkan adalah 3,5. Untuk proses pembuatan asap cair dengan metode pirolisis, rendemen asap cair yang dihasilkan dari daun jati ini lebih tinggi daripada rendemen asap dari bahan baku lain, seperti tempurung kelapa (6,03%), tongkol jagung (3,46%), dan sabut kelapa (2,96%) yang diteliti oleh Wagiu dkk. (2022). Suhu yang digunakan pada studi ini sedikit berbeda, yaitu 360°C dan 345 °C. Hasil rendemen asap cair yang lebih tinggi diperoleh dari proses *slow* pirolisis dengan suhu 300 °C sebesar 40% untuk bahan baku tempurung kelapa, 48% tongkol jagung, 36% bambu (Jenita dkk., 2019). Besaran rendemen asap cair yang dihasilkan ditentukan oleh jenis bahan baku yang digunakan dan proses pirolisis (suhu dan lama pirolisis). Rendemen asap cair cenderung meningkat seiring naiknya suhu dan waktu pirolisis sampai pada kondisi di mana produksi gas yang sulit terkondensasi semakin banyak sehingga peningkatan suhu dan waktu pirolisis lebih lanjut akan menurunkan rendemen asap cair

Kecenderungan ini diperkuat oleh penelitian Maulina dan Putri (2017) yang menemukan rendemen tertinggi dari asap cair dari hasil pirolisis serbuk pelepah sawit pada suhu 250 °C selama 30 menit, yaitu 20,69%; dan Tingkat keasaman (pH) terbaik yang dihasilkan dari suhu pirolisis 250 °C selama 90 menit adalah 2,6. Nilai pH ini lebih rendah daripada pH asap cair yang dihasilkan pada penelitian ini dengan suhu pirolisis 360 °C selama 40

menit adalah 3,5, yang mengindikasikan banyaknya senyawa asam yang diproduksi selama pirolisis. Hasil ini sejalan dengan hasil analisis kimia dari daun jati yang mengandung komponen alami seperti tektokuinon, asam galat, asam tanat, dan asam-asam organik lainnya (Effendi, 2012). Tingkat keasamaan diketahui merupakan faktor yang dapat mempengaruhi pertumbuhan jamur.



**Gambar 3.** Pertumbuhan miselium *S. commune* pada media dengan penambahan asap cair dari daun jati

## Aktivitas Antijamur

Pengujian untuk penentuan nilai indeks antijamur atau aktivitas antijamur dilakukan selama 10 hari yang didasarkan pada pertumbuhan miselium jamur pelapuk putih *S. commune* dari kontrol pada petri secara penuh atau telah mencapai diameter 9 cm. Pertumbuhan miselium dari setiap perlakuan konsentrasi asap cair yang diaplikasikan pada media pertumbuhan dapat dilihat pada Gambar 3. Adapun nilai rata-rata dari indeks antijamur atau aktivitas antijamur dari sampel yang diberi asap cair daun jati dengan berbagai konsentrasi diperlihatkan pada Tabel 2.

**Tabel 2.** Nilai indeks antijamur dan aktivitas antijamur dari asap cair daun jati

No.	The concentration of liquid smoke (%)	Antifungal index (%)	Antifungal activity (AFA)
1	0,25	0	Sangat tidak tahan
2	0,50	11,11	Tidak tahan
3	0,75	24,07	Tidak tahan
4	1,00	29,62	Agak tahan
5	1,25	44,44	Agak tahan

Pada Tabel 2 terlihat bahwa semua konsentrasi asap cair memiliki nilai index antijamur yang berbeda-beda. Terlihat semakin tinggi konsentrasi asap cair semakin tinggi nilai index antijamur. Pada penelitian yang dilakukan Oramahi dkk. (2021) menunjukkan bahwa pada konsentrasi asap cair tandan kosong kelapa sawit 1 % dan 1,25 % mampu menghambat pertumbuhan jamur dengan nilai AFA sebesar 80,77 % dan 82,29 %. Ini menandakan bahwa efektivitas asap cair daun jati lebih rendah dibandingkan efektivitas antijamur pada asap cair tandan kosong kelapa sawit.

Pertumbuhan jamur selama 7 hari pada media yang diberi perlakuan memiliki panjang diameter yang berbeda-beda di masing-masing konsentrasi sementara pada media kontrol pertumbuhan jamur sudah mencapai 100 % dalam waktu 7 hari. Berdasarkan sampel pada Gambar 2, dapat dilihat bahwa pertumbuhan jamur pada media yang terdapat konsentrasi 0,25 % mengalami pertumbuhan yang sama seperti pada media kontrol. Ini menandakan bahwa dengan konsentrasi asap cair tersebut belum mampu menghambat pertumbuhan jamur *S. commune*. Pertumbuhan jamur mulai terlihat melambat pada media dengan konsentrasi 0,50 % dan 0,75 % kemudian pada media dengan konsentrasi 1 % dan 1,25 % terlihat lebih efektif dalam menghambat pertumbuhan jamur. Hal ini menunjukkan bahwa konsentrasi asap cair daun jati memiliki pengaruh terhadap aktivitas antijamur. Semakin tinggi konsentrasi asap cair makin tinggi aktivitas antijamur.

Kemampuan asap cair dalam menghambat pertumbuhan jamur diduga karena senyawa aktif yang

terkandung di dalam asap cair, yaitu fenol dan asam asetat (Oramahi dkk., 2021). Fenolik merupakan senyawa yang teridentifikasi mendominasi berdasarkan analisis CS-MS dari asap cair berbahan cangkang sawit, yaitu 46,02% (Abidin dkk., 2021), yang dapat bersifat antioksidan, antibakteri dan antijamur. Aktivitas senyawa antimikroba terjadi karena adanya reaksi antara fenol dengan membran sel yang menyebabkan terganggunya kerja permeabilitas membran sel, inaktivasi enzim-enzim esensial, perusakan atau inaktivasi fungsional material genetik dan bekerja sebagai penghidrolisis lipid, sehingga merusak membran sel (Mahmud dkk, 2020; Davidson dan Branen, 1993). Vickery (1981) menyatakan senyawa fenolat mempengaruhi fungsi mitokondria sehingga mengganggu respirasi sel, yang menyebabkan penghambatan pertumbuhan jamur tersebut. Hal serupa juga dinyatakan oleh Septiadi dkk. (2013) bahwa senyawa fenolik dapat mendenaturasi protein, yaitu dengan merusak struktur tersier protein sehingga protein kehilangan sifat-sifat aslinya. Terdenaturasinya protein dinding jamur akan menyebabkan kerapuhan pada dinding sel tersebut sehingga mudah ditembus zat aktif lainnya yang bersifat fungistatik. Jika protein yang terdenaturasi adalah protein enzim maka enzim tidak dapat bekerja sehingga menyebabkan metabolisme dan proses penyerapan nutrisi menjadi terganggu.

Selain fenol, asap cair juga mempunyai senyawa lain yaitu asam asetat yang juga diindikasikan merupakan senyawa yang memiliki fungsi sinergi sebagai denaturasi protein dan penghidrolisis lipid, sehingga dapat merusak membran sel pada jaringan tubuh cendawan dan menginaktivasi enzim yang disekresikan cendawan tersebut (Pelczar, 1988). Asam asetat ditemukan sebagai senyawa utama yang berperan sebagai antimikroba (sekitar 50%) dari asap cair tempurung kelapa dan sekam (Melani, 2020), dengan cara menghambat pertumbuhan mikroorganisme (Coryanti dan Frida, 2015). Efek antimikroba asam dari asap cair diduga secara langsung dapat mengasamkan sitoplasma, merusak tegangan permukaan membran dan hilangnya transpor aktif makanan melalui membran sehingga menyebabkan destabilisasi bermacam-macam fungsi dan struktur komponen sel (Ray, 1996). Kerusakan protein dan lipid pada membran sitoplasma sel, menyebabkan membran tersebut menjadi bocor dan akibatnya permeabilitas membran sel menjadi terganggu.

## D. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa asap cair daun jati pada konsentrasi yang diujikan memiliki daya aktivitas antijamur yang tergolong ke dalam klasifikasi sangat tidak tahan sampai agak tahan. Pada konsentrasi 1,25 %, asap cair memiliki kemampuan yang lebih baik dalam menghambat pertumbuhan jamur, namun belum optimal untuk dijadikan sebagai acuan konsentrasi dalam aplikasi

penghambatan pertumbuhan jamur, dengan nilai indeks antijamur 44 %. Selain itu, perlu dilakukan analisis senyawa kimia yang terkandung dalam asap cair dari daun jati.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abidin, Z., R. Huda, dan W.K. Dewi. 2021. Fraksinasi asap cair dari proses pirolisis berbau cangkang sawit sebagai bahan aktif antibakteri untuk hand sanitizer. *Artikel Ilmiah*, 1-10.
- Anis, S.L., K. Titik, Z. Deni, dan I. Maya. 2010. Sifat antijamur dari ekstrak biji pinang (*Areca catechu*) dan daun saga (*Abrus precatorius*). *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kayu Tropis*, 8(1), 47-54.
- Astiti, N.P.A. 2015. Efektivitas ekstrak daun jati (*Tectona Grandis* L.F) dalam menghambat pertumbuhan jamur *Hormiscium* sp.. *Jurnal Bumi Lestari*, 15(1), 66-70.
- [BSN] Badan Standardisasi Nasional. 2006. SNI 01.7207-2006 tentang Uji ketahanan kayu dan produk kayu terhadap organisme perusak kayu. Jakarta.
- Candiana, C., S.Sulistiyono, dan D.Deni. 2019. Keawetan alami jenis kayu jati (*Tectona grandis*, linn.F), mahoni (*Swietenia macrophylla* King) dan sengon (*Paraserianthes falcataria*, L.) pada Umur 5 tahun. *Wanaraksa Jurnal*, 13(01), 1-10.
- Corryanti, Frida E. Astanti. 2015. Memproduksi cuka (asap cair) untuk kesehatan tanaman. Puslitbang Perum Perhutani Cepu. Cepu.
- Darmadji, P. 2006. Produksi biopreservatif asap cair cangkang sawit dan aplikasinya untuk bidang pangan, hasil perkebunan dan kehutanan, Laporan Seminar Penggunaan Bahan Alami untuk Pengawetan Ikan. Balai Besar Riset dan Kelautan Perikanan dan ISPIKANI. Jakarta.
- Davidson, M.P. and A.L. Banen. 1993. *Antimicrobial in food*. The second edition Revised. Marcel Decker Inc., New York.
- Effendi, F.D. 2012. Uji aktivitas antibakteri ekstrak kasar daun jati (*Tectona grandis*) metode microwave assisted extraction terhadap *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus* (Kajian lama perendaman dan daya microwave). Thesis. Fakultas Teknologi Pertanian. Universitas Brawijaya. Malang.
- Hasibuan, R.R. 2014. Asap cair limbah kulit kemenyan sebagai pengawet alternatif untuk kayu karet. Skripsi Program Studi Kehutanan, Fakultas Pertanian, Universitas Sumatera Utara. Medan
- Girard, J.P., C. Mezerette, dan A.M. Vergnet. 1992. Environmental aspects of biomass pyrolysis. *Journal Bois et Forêts des Tropiques*. 232(27), 67-80.
- Jenita, J., S.P.A. Anggraini, dan S. Yuniningsih. 2016. Pembuatan asap cair dari tempurung kelapa, tongkol jagung, dan bambu menggunakan proses slow pyrolysis. *eUREKA, Jurnal Penelitian Mahasiswa Teknik Sipil dan Teknik Kimia*, 3(1), 42-49.
- Kasim, F. 2015. Aplikasi asap cair pada lateks. Skripsi Fakultas Teknologi Pertanian. Universitas Andalas Padang.
- Thévenon Marie-France, T., R. Camille, and H. Jean-Pierre. 2001. Possible durability transfer from durable to non-durable wood species: the study case of teak wood. In: International Research Group on Wood Preservation Annual Meeting, Nara, Japan, 20-25 May 2001. IRG, Stockholm. 6p.
- Mahmud, Y., D. Hidayat, dan T. Aulawi. 2020. Efektivitas asap cair dalam menghambat pertumbuhan *Corynespora cassiicola* penyebab penyakit gugur daun pada tanaman karet (*Hevea brasiliensis*) secara in vitro. Prosiding Seminar Nasional Lingkungan Lahan Basah, April 2020, 5(2),46-51 April 2020 p-ISSN 2623-1611.
- Maulina, S. dan F.S. Putri. Pengaruh suhu, waktu, dan kadar air bahan baku terhadap pirolisis serbuk pelepah kelapa sawit. 2017. *Jurnal Teknik Kimia*, 6(2), 35-40.
- Melani, D. 2020. Efektivitas asap cair terhadap *Colletotrichum capsici* pada tanaman cabai merah (*Capsicum annum* L.). *Jurnal Agrosainta*, 4(2), 85-96.
- Mori, M., M. Aoyama, S. Doi, A. Kanetoshi, dan T. Hayashi. 1997. Antifungal activity of bark extracts of conifers'. *Holz als Roh- und Werkstoff*, 55, 130-132. doi: 10.1007/BF02716394.
- Oramahi, H.A, F. Diba, G.E. Tavita, dan R. Wahyuni. 2021. Penggunaan asap cair dari tandan kosong kelapa sawit (TKKS) dalam penekanan perkembangan jamur *Schizophyllum commune*. *Jurnal Tengawang*, 1(2), 51-56.
- Pelczar, M. J. dan E. C. S. Chan. 1988. *Dasar-dasar mikrobiologi*, jilid 2. Alih Bahasa: Hadioetomo, S., T. Imas, S.S. Tjitrosomo, dan S. L. Angka. Universitas Indonesia Press. Jakarta. 698 hal
- Ray, B. 1996. *Fundamental food microbiology*. CRC Press Boca Raton. Pp:409- 416.
- Septiadi T., D. Pringgenies, dan O.K. Radjasa. 2013. Uji fitokimia dan aktivitas antijamur ekstrak teripang Keling (*Holothuria atra*) dari Pantai Bandengan Jepara terhadap jamur *Candida albicans*. *Journal of Marine*, 2(2), 76-84.
- Putra, I.P., Tranggono, B., Suhardi, B. Setiadi, P. Darmadji, Supranto, dan Sudarmanto. 1996. Identifikasi asap cair dari berbagai jenis kayu dan tempurung kelapa. *J. Ilmu dan Teknologi Pangan*, 1 (2), 15-24.
- Velmurugan, N., S.S. Han, dan Y.S. Lee. 2009. Antifungal activity of neutralized wood vinegar with water extracts of *Pinus densiflora* and *Quercus serrata* sawdusts. *Int. J. Environ. Res.*, 3(2),167-176.
- Vickery, B. 1981. *Secondary plant metabolism*. The Macmillan Press Ltd. London, pp 1-307.
- Yoshimoto, T. dan W. Syafii. 1993. Extractives from some tropical hardwoods and their influences on the growth of wood decay fungi. *Journal Tropical Agriculture*, 4 (2), 31-35.
- Wagiu, S., D. Tooy, dan R. Rantung. 2022. Kajian perbandingan produksi asap cair dari tempurung, sabut kelapa dan tongkol jagung. *Cocos*, 1-9.