

Efikasi Asap Cair Dari Limbah Pengolahan Industri Gondorukem Pada Kayu Karet Terhadap Rayap Kayu Kering (*Cryptotermes cynocephalus* Light.)

(The Effect of Wood Vinegar From Gondorukem Industrial Waste on Durability of Rubber Wood Against Dry Wood Termites (Cryptotermes cynocephalus Light.)

Ghani Fakkar, Ihak Sumardi & Yoyo Suhaya

Teknologi Pascapanen, Sekolah Ilmu Teknologi Hayati Rekayasa, Institut Teknologi Bandung, Jl. Let. Jend. Purn. Dr. (HC) Mashudi No. 1, Sayang, Jatinangor Sumedang, 45363, (022)7798600.

E-mail : ihak@sith.itb.ac.id

ABSTRACT

Wood vinegar is made from condensation of biomass pyrolysis, contained phenolic compound, carbonyl, and acid that used for insecticide, wood and food preservative, and aroma enhancer. Pine waste as biomass obtained from gum rosin and turpentine processing had a great potential to be processed into wood vinegar. This paper studies the effect of coating rubber wood using wood vinegar made from pine waste against dry-wood termite. The rubber wood (2.5x2.5x5 cm³) was coated with distilled and without distilled (crude) wood vinegar in 100, 50, and 25% dilution. Samples were conditioned within in hours before PVC pipes (2.6 cm diameter and 5 cm height) were installed into wood surface using wax. There were 50 drywood termite fed into the pipes. The samples kept in dark room for 12 weeks. This experiment was conducted according to SNI 01-7207-2014. The result showed that coating method using un-distilled or crude wood vinegar made from pine waste could increase the durability of rubber wood against dry-wood termite. This happened due to the toxic compound in the crude wood vinegar that made coating methods using un-distilled wood vinegar can be used to increase the durability of rubber wood against dry-wood termite.

Keywords: wood vinegar, dry-wood termite, durability

ABSTRAK

Asap cair adalah cairan hasil kondensasi dari pirolisis biomassa yang mengandung senyawa fenolik, karbonil, dan asam yang berguna sebagai antihama, pengawet kayu, pengawet makanan, dan penambah aroma. Limbah pengolahan dari industri gondorukem dan terpentin, yang berupa serasah berpotensi untuk diproses menjadi asap cair. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh pelaburan asap cair dari limbah industri gondorukem/terpentin pada kayu karet terhadap rayap kayu kering. Percobaan dilakukan dengan pelaburan asap cair hasil distilasi dan tanpa distilasi (*crude*) pada berbagai konsentrasi pada kayu karet, dimana percobaan ini mengacu pada SNI 01-7207-2014. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode pelaburan menggunakan asap cair tanpa distilasi dari limbah industri gondorukem/terpentin diduga dapat meningkatkan ketahanan kayu karet terhadap serangan rayap kayu kering. Hal ini diduga terjadi karena terdapat senyawa yang toksik terhadap rayap kayu kering pada asap cair tanpa distilasi sehingga menyebabkan metode pelaburan menggunakan asap cair *crude* dapat meningkatkan ketahanan kayu karet terhadap serangan rayap kayu kering.

Kata kunci: efikasi, asap cair, limbah industri gondorukem/terpentin, serasah pinus, rayap kayu kering

PENDAHULUAN

Pinus (*Pinus merkusii* Jungh et de Vr.) merupakan tanaman tropis yang berasal dari pulau Sumatera. Tanaman ini memiliki manfaat yang besar dari segi ekonomi dan ekologi sehingga ditanam di luar sebaran alaminya seperti pulau Jawa (Imanuddin

et al., 2020). Pohon pinus menghasilkan getah yang dapat diolah menjadi gondorukem dan terpentin. Indonesia memproduksi getah pinus sebanyak 92.670 ton/tahun (Subagya, 2019).



Getah pinus yang berasal dari wilayah Banten dan Jawa Barat diproses oleh Pabrik Gondorukem dan Terpentin (PGT) Sindangwangi. Pabrik ini mengolah getah pinus sebanyak 15.000 ton/tahun. Rendemen dari pengolahan getah pinus adalah gondorukem dan terpentin sebanyak 71% dan 16%. Pengolahan getah pinus menghasilkan limbah serasah pinus seberat 750 ton setiap tahun. Limbah serasah pinus ini sulit untuk diolah dan dapat menumpuk sehingga menghabiskan banyak tempat, mengotori lingkungan, dan mengganggu kenyamanan kawasan pabrik. Masalah limbah serasah perlu diatasi untuk mengurangi dampak yang ditimbulkan, atau lebih jauh lagi hingga menghasilkan manfaat lain.

Limbah serasah pinus merupakan biomassa, terdiri dari daun, strobilus, dan serpihan kulit kayu yang tercampur getah pinus pada produksi gondorukem dan terpentin. Limbah serasah pinus mengandung lignin, selulosa, hemiselulosa, serta sebagian kecil senyawa terpenoid (Hassan et al., 2009). Kandungan selulosa dan hemiselulosa pada limbah serasah pinus menjadikannya sebagai material yang mudah terbakar. Namun pembakaran biomassa secara langsung dapat melepas senyawa berbahaya dan meningkatkan jumlah gas rumah kaca dalam atmosfer (Levine, 1994). Salah satu alternatif yang aman adalah mengolah limbah biomassa menjadi asap cair (Lombok et al., 2014; Sunarta et al., 2011; Wibowo et al., 2016; Xin et al., 2021).

Asap cair adalah cairan yang dihasilkan dari kondensasi asap hasil pirolisis biomassa (Sunarta et al., 2011). Kandungan terbesar asap cair adalah air. Terdapat banyak jenis senyawa dalam asap cair seperti asam karboksilat, alkohol, fenolik, aldehid, ester, tar, dan polisiklik aromatik hidrokarbon (Mathew & Zakaria, 2015). Asap cair digunakan dalam banyak bidang diantaranya sebagai bahan aditif makanan, agen anti-inflamasi, anti-jamur, dan anti-hama (Grewal et al., 2018).

Penggunaan asap cair sebagai anti-hama memungkinkan dilakukan karena kandungan asap cair seperti fenol dan tar bersifat toksik pada serangga (Hossain et al., 2013). Contoh aplikasi asap cair sebagai bahan anti-hama adalah pada proses pengawetan kayu. Telah dilakukan

penelitian yang menunjukkan bahwa asap cair dapat digunakan untuk meningkatkan keawetan kayu terhadap serangan rayap oleh Arsyad et al., (2019), Prawira et al., (2013) dan Rosalina et al., (2016). Keterbaruan penelitian ini adalah pemanfaatan limbah industri pengolahan getah pinus (industri gondorukem dan terpentin) sebagai bahan baku asap cair. Asap cair dibuat melalui proses pirolisis dan metode pengawetan yang dilakukan adalah metode pelaburan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh asap cair dari limbah industri gondorukem/terpentin terhadap rayap kayu kering.

BAHAN DAN METODE

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah limbah industri pengolahan gondorukem/terpentin berupa serasah, dari Pabrik Gondorukem dan Terpentin (PGT) Sindangwangi, Nagreg. Sedangkan kayu karet berasal dari industri penggergajian dari daerah Kabupaten Sukabumi.

Metode

Metoda pembuatan asap cair

Pembuatan asap cair dilakukan berdasarkan Lombok et al. (2014). Limbah industri pengolahan gondorukem/terpentin dalam bentuk serasah dikeringkan selama dua hari tanpa sinar matahari langsung. Serasah-dengan kadar air 28,5% kemudian dimasukkan ke dalam reaktor pirolisis. Proses pirolisis dilakukan selama 24 jam hingga tidak dihasilkan lagi asap cair dari kondensor, pada kisaran suhu antara 300-400 °C

Asap cair disaring menggunakan kain untuk membuang kotoran dan endapan. Sebagian asap cair kemudian didistilasi vakum menggunakan *rotary vacuum evaporator* pada suhu 75-80°C, tekanan 154-194 mbar, dan rotasi 70 rpm. Asap cair yang dihasilkan adalah asap cair distilasi dan tanpa distilasi. Kedua jenis asap cair ini menjadi bahan untuk proses pengawetan kayu karet.

Proses pengawetan

Kayu karet dengan kadar air 47,77% dipotong hingga berukuran 2,5x2,5x5 cm³. Kayu kemudian

dikeringtanurkan menggunakan oven pada suhu 105°C selama 24 jam. Kayu ditimbang pada kondisi kering tanur, selanjutnya dilakukan pengkondisian di dalam ruangan selama 7 hari agar mencapai kadar air 3-5%. Cairan pengawet disiapkan dari bahan asap cair distilasi dan tanpa distilasi. Konsentrasi larutan yang digunakan 100%, 50% dan 25% atau dengan perbandingan berat asap cair dan air adalah 1:0, 1:1 dan 1:3.

Proses pelaburan cairan pengawet pada berbagai konsentrasi dilakukan menggunakan kuas dan cairan dilaburkan pada salah satu permukaan kayu karet yang berukuran 2,5x2,5x5 cm³. Sampel kayu dikondisikan selama 48 jam dan siap diujikan pada rayap kayu kering.

Pengujian rayap kayu kering

Uji rayap kayu kering dilakukan mengacu pada SNI 01-7207-2014. Pipa pvc diameter 2,5 cm dengan tinggi 5 cm ditempelkan pada sampel kayu karet menggunakan malam/lilin pada bagian pangkal. Rayap kayu kering (*Cryptotermes sp.*) jenis pekerja sebanyak 50 ekor kemudian dimasukkan kedalam pipa tersebut. Pipa ditutup dengan kapas tipis dan disimpan pada ruang gelap selama 3 bulan. Pengamatan tingkat mortalitas dilakukan setiap 3 minggu. Pengamatan susut bobot dilakukan di akhir pengujian setelah sampel dibersihkan dan mencapai kering tanur. Perhitungan susut bobot dan mortalitas rayap dilakukan berdasarkan persamaan (1) dan (2).

$$\text{Susut bobot (\%)} = (W_0 - W_t) / W_0 \times 100\% \quad (1)$$

$$\text{Mortalitas (\%)} = (R_0 - R_t) / R_0 \times 100\% \quad (2)$$

Keterangan (*Remarks*): W_0 = bobot sampel sebelum pengujian (*weight of dry sample before testing*) (g); W_t = bobot sampel setelah pengujian (*weight of dry sample after testing*) (g); R_0 = jumlah rayap awal (*number of given termites*); R_t = jumlah rayap saat pengamatan (*number of termites at observation point*)

Retensi bahan pengawet dihitung berdasarkan bobot pengawet kering dibagi dengan volume sampel. Konsentrasi bahan pengawet dalam asap cair didapat dengan cara menguapkan air dari asap cair pada oven suhu 105°C selama 24 jam.

$$\text{Retensi (kg / m}^3\text{)} = B / V \quad (3)$$

Keterangan : B = bobot pengawet kering (*weight of dry preservatives*) (kg) ; V = volume sampel (*sample volume*) (m³)

Analisis statistik

Rancangan penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) yang terdiri dari dua faktor yaitu jenis asap cair dan perbandingan asap cair dengan air. Setiap perlakuan dilakukan sebanyak 5 kali ulangan. Variasi perlakuan disajikan pada Tabel 1.

Analisis statistik dilakukan dengan menggunakan software *IBM SPSS Statistics*. Dilakukan pengukuran normalitas dan homogenitas, kemudian dilakukan uji parametrik ANOVA (*Analysis of variance*) satu arah dengan uji Duncan sebagai uji lanjutan. Semua analisis statistik dilakukan pada taraf nyata 5% untuk menentukan signifikansi.

Tabel 1. Variasi perlakuan pada percobaan

Perlakuan (<i>Treatments</i>)	Jenis asap cair (<i>Liquid smoke types</i>)	Perbandingan asap cair dan air (<i>Ratio of liquid smoke and water</i>) (v/v)
Kontrol (<i>Control</i>)	-	-
LNA	Non-distilasi (<i>non-distilled</i>)	1
LNB		1:1
LNC		1:3
LDA	Distilasi (<i>distilled</i>)	1
LDB		1:1
LDC		1:3

HASIL DAN PEMBAHASAN

Rendemen dan Kelompok Senyawa Kimia Asap Cair

Nilai rendemen produk-produk yang dihasilkan dari pirolisis limbah serasah pinus dihitung dengan prinsip perbandingan massa *output* dengan *input* dan dinyatakan dalam bentuk persentase (Tabel 2). Rendemen asap cair dan rendemen arang membandingkan *output* total massa asap cair dan *output* total massa arang yang dihasilkan dengan *input* total limbah serasah yang dipirolisis. Sedangkan rendemen distilat

asap cair membandingkan *output* total massa asap cair terdistilasi vakum dengan *input* massa total asap cair yang didistilasi. Nilai rendemen komponen yang hilang tidak dapat dihitung karena kurangnya data kondisi operasi pirolisis.

Sedangkan kandungan kimia asap cair tanpa distilasi vakum dan distilasi vakum ditampilkan pada Tabel 3 (Azmi, 2021).

Berdasarkan penelitian Azmi (2021) terdapat 27 senyawa kimia pada sampel asap cair distilasi dan 20 senyawa kimia pada sampel asap cair terdistilasi vakum dengan 7 kelompok senyawa (Tabel 3). Secara umum, komposisi kimia asap

Table 2. Yield of the process of making liquid smoke

Input		Proses (<i>Process</i>)	Output	
Material (<i>Intake materials</i>)			Material (<i>Materials</i>)	Rendemen (<i>Yield</i>) (%)
Limbah serasah pinus (<i>Pine litter waste</i>)	KA (<i>Water content</i>): 28,5%; Berat (<i>Weight</i>): 25 Kg	Pirolisis	Asap Cair: 5,8 kg	22,4
Asap cair (<i>Liquid smoke</i>): 3 kg		Tanpa distilasi	Arang/abu : 2,25 kg	9
Asap cair (<i>Liquid smoke</i>): 2 kg		Distilasi Vakum	Asap cair non distilasi: 3 kg	100
			Asap cair terdistilasi vakum: 1,84 kg	92

Tabel 3. Komponen kimia asap cair tanpa distilasi vakum dan distilasi vakum (Azmi, 2021)

Kelompok senyawa (<i>Compound classifications</i>)	Tanpa Distilasi Vakum (<i>Un-distilled vacuum</i>)			Distilasi Vakum (<i>Distilled vacuum</i>)		
	Jumlah senyawa (<i>Number of compounds</i>)	Area (%)	PAH (<i>Hidrokarbon aromatik polisiklik</i>)	Jumlah senyawa (<i>Number of compounds</i>)	Area (%)	PAH (<i>hidrokarbon aromatik polisiklik</i>)
Karbonil (<i>Carbonil</i>)	11	45,14		8	41,51	-
Aril alkil eter (<i>Aryl alkyl ether</i>)	3	8,67		1	1,59	-
Alkana (<i>Alkane</i>)	4	4,75		2	4,02	-
Alkaloid (<i>Alkaloids</i>)				1	2,85	-
Senyawa asam (<i>Acid compounds</i>)	1	2,68		3	5,43	-
Senyawa fenolik (<i>Phenolic compounds</i>)	5	33,15	Ya	5	38,73	Ya
Terpena dan terpenoid (<i>Terpenes and terpenoids</i>)	3		Ya			-
Jumlah (<i>Sum</i>)	27			20		

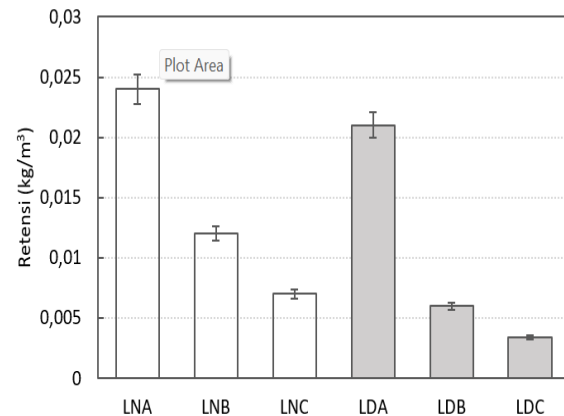
Keterangan (*Remarks*): Identifikasi *hidrokarbon aromatik polisiklik* (PAH) dilakukan melalui The NASA Ames PAH IR Spectroscopic Database (*The identification of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH) was carried out through the NASA Ames PAHs IR Spectroscopic Database*)

cair distilasi terbagi dalam kelompok senyawa karbonil, aril alkil eter, alkana, senyawa asam, senyawa fenolik, serta terpena dan terpenoid. Sementara komposisi kimia sampel asap cair terdistilasi vakum terbagi dalam kelompok karbonil, aril alkil eter, alkana, alkaloid, senyawa asam, dan senyawa fenolik.

Senyawa paling dominan dari kedua sampel tersebut adalah kelompok karbonil dan kelompok fenolik. Senyawa fenolik dan beberapa jenis senyawa aldehida dari kelompok furan bersifat antiseptik dan antioksidan. Selain itu, senyawa-senyawa tersebut juga dapat mengganggu integritas sel mikroba dan serangga, sehingga potensial digunakan sebagai senyawa antimikroba dan insektisida (Aisyah, 2019). Senyawa fenolik juga dapat mengganggu metabolisme serangga, merusak kutikula serangga, dan mengacaukan sistem saraf serangga (Aseptianova et al., 2017).

Uji Retensi dan Penetrasi

Retensi dan penetrasi merupakan parameter penting dalam menilai kualitas bahan pengawet kayu. Retensi merupakan ukuran dari banyaknya bahan pengawet yang masuk ke dalam kayu (Cavdar, 2014). Penetrasi merupakan ukuran dari kedalaman bahan pengawet yang dapat masuk ke dalam kayu. Penetrasi dipengaruhi oleh jenis kayu, jenis pengawet, dan metode pengawetan (Humar & Lesar, 2009). Secara umum, besarnya nilai retensi dan penetrasi suatu pengawet dapat menunjukkan seberapa baik bahan pengawet bekerja. Nilai penetrasi yang besar berarti bahan pengawet tersebut dapat melindungi kayu hingga ke dalam, tidak hanya di permukaan (Kirker & Lebow, 2020). Konsentrasi asap cair distilasi dan tanpa distilasi pada penelitian ini adalah 0,17% dan 0,29%.



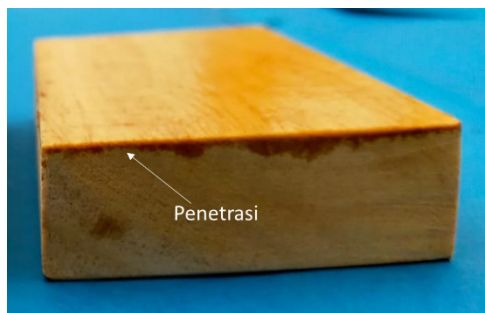
Keterangan (*remarks*): L = Labur (*coated*); N = Non distilasi (*non-distilled*); D = Distilasi (*distilled*); A = 1:0; B = 1:1; C = 1:3 (asap cair : air [*liquid smoke : water*]{v/v})

Gambar 1. Retensi asap cair distilasi dan tanpa distilasi pada sampel kayu karet

Nilai retensi asap cair dapat dilihat pada Gambar 1. Pada gambar tersebut terlihat bahwa nilai retensi asap cair tanpa distilasi jauh lebih tinggi daripada sampel asap cair distilasi. Hal ini diduga terjadi karena asap cair tanpa distilasi merupakan asap cair yang masih asli, mengandung banyak tar dan memiliki warna yang gelap kehitaman. Berbeda halnya dengan asap cair hasil distilasi, terlihat lebih bening, dikarenakan kandungan tar nya sudah dipisahkan melalui proses distilasi. Hal ini menyebabkan nilai retensi asap cair non distilasi yang lebih tinggi pada saat diaplikasikan pada sampel uji kayu. Tar ini cenderung memiliki berat jenis yang lebih tinggi dibandingkan cairan asap cair itu sendiri, terlihat dari adanya endapan pada saat cairan asap cair dibiarkan beberapa saat, sehingga pada saat diaplikasikan pada kayu menyebabkan retensi yang lebih tinggi.

Proses distilasi merupakan proses pemurnian yang membuang senyawa berbahaya seperti tar dan hidrokarbon poliaromatik dari asap cair (Lombok et al., 2014). Hal tersebut mengakibatkan bobot pengawet kering dalam asap cair distilasi berkurang. Pada penelitian ini, proses distilasi vakum dilakukan untuk memurnikan asap cair. Proses tersebut menjadi penyebab retensi asap cair distilasi jauh lebih rendah daripada asap cair tanpa distilasi.

Pada penelitian ini, diketahui bahwa nilai penetrasi asap cair distilasi maupun tanpa distilasi tidak terlalu dalam yaitu lebih kurang hanya 1 mm. Melalui metode pelaburan ini memang penetrasi yang terjadi tidak terlalu dalam, tetapi proses ini setidaknya telah dapat melapisi wilayah permukaan kayu dengan asap cair sehingga diharapkan dapat mencegah serangan rayap kayu kering dari luar. Pengecekan penetrasi dilakukan melalui pengamatan visual pada penampang melintang kayu dan diukur rata-rata kedalamannya. Penetrasi terlihat berdasarkan perbedaan warna pada bagian penampang melintang kayu, dimana bagian yang terkena asap cair memiliki warna yang lebih hitam/gelap dan terlihat cukup jelas.



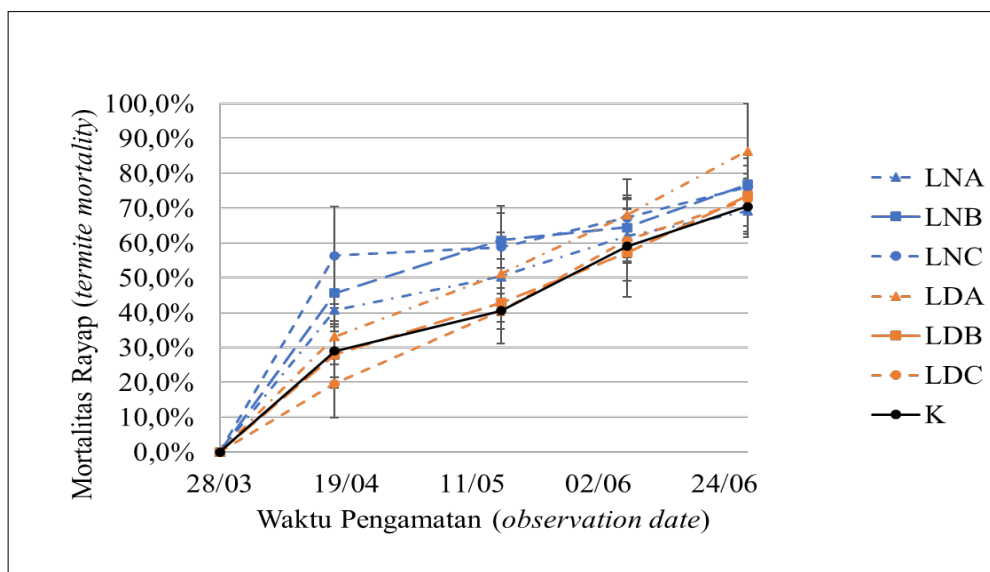
Gambar 2. Penetrasi asap cair distilasi pada sampel kayu karet

Tinggi rendahnya nilai retensi dan penetrasi sangat dipengaruhi oleh metoda pengawetan yang digunakan. Metode pelaburan secara umum hanya menghasilkan penetrasi yang tidak terlalu dalam dan retensi juga tidak terlalu tinggi. Hal ini dikarenakan bahan pengawet yang masuk ke dalam kayu lebih sedikit jika dibandingkan dengan metoda lain seperti vakum tekan.

Selain hal tersebut, konsentrasi larutan pengawet yang digunakan berpengaruh pada daya tembus bahan pengawet ke dalam kayu (Abdurrohim & Martawijaya, 1983). Rendahnya konsentrasi asap cair yang digunakan dapat menjadi penyebab rendahnya retensi pengawet pada kayu. Secara umum, pengawetan kayu menggunakan metode tanpa tekanan menghasilkan nilai retensi yang jauh lebih rendah daripada pengawetan kayu menggunakan tekanan tinggi. Aplikasi pengawetan pada permukaan kayu seperti pelaburan lazim digunakan untuk melapisi kayu yang sudah dipakai agar lebih awet (Barnes, 2007).

Mortalitas Rayap

Mortalitas rayap merupakan persentase rayap pekerja yang mati selama pengujian dibandingkan dengan jumlah rayap pada awal uji. Pengujian mortalitas rayap merupakan parameter penting yang menentukan kualitas bahan pengawet kayu.



Keterangan (remarks): L = Labur (coated); N = Tanpa distilasi (non-distilled); D = Distilasi (distilled); A = 1:0; B = 1:1; C = 1:3 (asap cair : air [liquid smoke:water]{v/v})

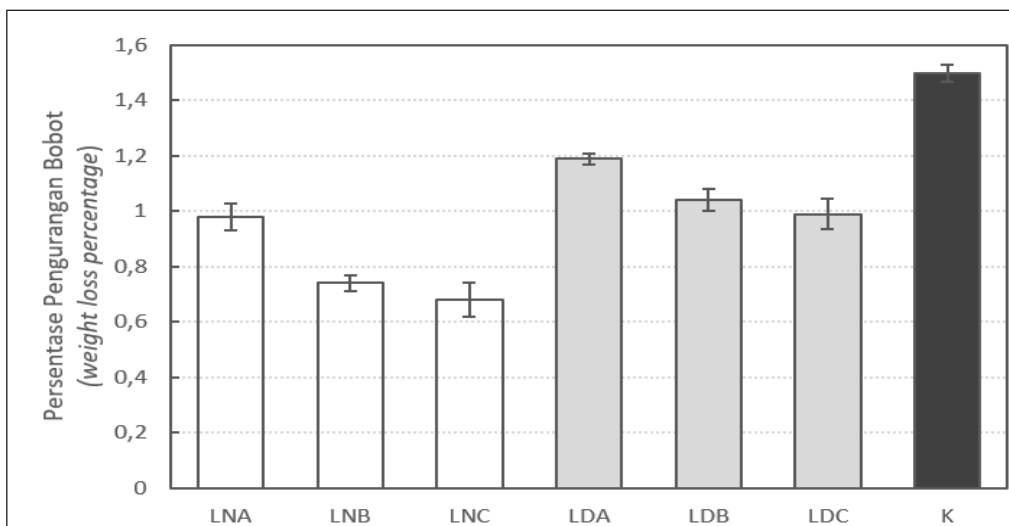
Gambar 3. Mortalitas rayap pada sampel pengujian rayap kayu kering

Tingginya nilai mortalitas rayap memberikan indikasi bahwa bahan pengawet kayu yang digunakan bersifat racun bagi rayap dan dapat melindungi kayu dari serangan rayap (Fadillah et al., 2014).

Hasil mortalitas rayap dapat dilihat pada Gambar 3. Gambar tersebut menunjukkan bahwa secara umum, mortalitas rayap pada sampel yang diawetkan menggunakan asap cair tanpa distilasi jauh lebih tinggi daripada sampel yang diawetkan dengan asap cair distilasi, walaupun pada akhir pengamatan nilai mortalitas rayap tidak berbeda secara signifikan berdasarkan uji statistik pada Tabel 2.

Hasil ini menunjukkan kemiripan dengan penelitian Wititsiri (2011) bahwa produk kayu yang diawetkan menggunakan ekstrak tar tidak mengalami kerusakan sama sekali, sedangkan produk yang diawetkan dengan asap

cair mengalami kerusakan. Sejauh ini tidak ditemukan penelitian tentang pengawetan kayu karet menggunakan asap cair dengan metode pelaburan. Namun telah banyak penelitian yang memberi konfirmasi bahwa asap cair meningkatkan mortalitas rayap. Prawira et al. (2013) meneliti bahwa pengawetan kayu karet dengan perendaman asap cair konsentrasi 10% dapat menyebabkan mortalitas rayap hingga 100%. Penelitian Rosalina et al. (2016) menunjukkan bahwa pencelupan kayu pinus dengan asap cair dengan suhu pirolisis 500°C dapat menyebabkan mortalitas rayap mencapai 100%. Proses pengawetan dengan metode pelaburan tidak membutuhkan kuantitas asap cair lebih banyak daripada metode perendaman, konsekuensinya adalah kayu yang diawetkan dengan metode pelaburan menyerap lebih sedikit



Gambar 4. Persentase susut bobot sampel kayu karet

Tabel 2. Uji statistik mortalitas rayap

Kode sampel (Sample codes)	n	Pengamatan ke-n (n th observation)			
		1	2	3	4
LDA	5	bcd	ab	a	a
LDB	5	cd	b	a	ab
LDC	5	d	b	a	ab
LNA	5	bc	ab	a	b
LNB	5	ab	a	a	ab
LNC	5	a	a	a	ab
K	4	cd	b	a	b
Sig.		.000	.009	.634	.204

Keterangan (remarks): L = Labur (coated); N = Tanpa distilasi (non-distilled); D = Distilasi (distilled); A = 1:0; B = 1:1; C = 1:3 (asap cair : air [liquid smoke : water] {v/v})

pengawet daripada dengan menggunakan metode perendaman (Kirker & Lebow, 2020).

Proses pirolisis menghasilkan senyawa organik: 1) dari turunan selulosa dan hemiselulosa seperti asam asetat, furfural, dan asetol. 2) turunan lignin seperti guaiacol, isoeugenol, dan fenol (Sayed et al., 2018). Penelitian Hossain et al. (2013) memberi indikasi bahwa senyawa turunan lignin memiliki aktivitas insektisida lebih tinggi dibanding senyawa turunan selulosa dan hemiselulosa. Selain senyawa turunan holoselulosa dan lignin, proses pirolisis juga menghasilkan tar yang terdiri dari senyawa aldehyd, keton, dan ester (Chalermman & Peerapan, 2009). Senyawa seperti formaldehyd, fenol, dan asam memiliki sifat pestisida (Wititsiri, 2011; Yatagai et al., 2002).

Pada penelitian ini, tingginya mortalitas pada sampel yang diawetkan dengan asap cair tanpa distilasi dapat disebabkan karena jumlah kandungan senyawa yang memiliki sifat pestisida lebih banyak dibanding dalam asap cair distilasi. Kandungan asap cair dari limbah industri gondorukem/terpentin berupa serasah pinus yang terhadap mortalitas rayap adalah senyawa formaldehida, fenol dan asam.

Susut Bobot

Susut bobot merupakan parameter dari kerusakan yang dihasilkan akibat serangan rayap. Kualitas dari bahan pengawet kayu ditentukan dari seberapa baik bahan tersebut dapat melindungi kayu dibandingkan dengan kayu tanpa bahan pengawet (Clausen et al., 2011).

Nilai persentase susut bobot sampel kayu karet setelah uji rayap dapat dilihat pada Gambar 3. Secara statistik, sampel LNC dan LNB memiliki perbedaan nilai susut bobot yang signifikan dengan sampel lain ($p > 0,05$). Hasil ini memiliki kemiripan dengan penelitian Arsyad et al. (2019) dan Prawira et al. (2013) bahwa asap cair dapat mengurangi susut bobot kayu akibat serangan rayap kayu kering. Pada penelitian ini, pengenceran asap cair tidak menghasilkan perbedaan yang signifikan ($p > 0,05$) pada susut bobot sampel. Menurut Sunarta (2006), konsentrasi asap cair memiliki korelasi positif dengan mortalitas rayap, dan memiliki

korelasi negatif dengan susut bobot. Rendahnya konsentrasi yang digunakan dalam penelitian ini dapat menyebabkan variasi nilai pengenceran menjadi tidak signifikan.

KESIMPULAN

Kesimpulan

Pelaburan asap cair tanpa distilasi dari limbah industri gondorukem/terpentin yang berupa serasah pinus diduga dapat meningkatkan keawetan kayu karet terhadap serangan rayap kayu kering (*Cryptotermes sp*) ditunjukkan dengan penyusutan bobot yang lebih rendah. Kandungan senyawa formaldehyde, fenol dan asam, diduga menjadi penyebab keawetan kayu karet meningkat akibat pelaburan asap cair tanpa distilasi.

Saran

Masih diperlukan penelitian lebih lanjut untuk melihat efektifitas penggunaan asap cair limbah pabrik gondorukem/terpentin sebagai bahan pengawet pada konsentrasi yang lebih tinggi. Penelitian lanjutan dapat menggunakan metode pengawetan kayu yang menghasilkan retensi dan penetrasi lebih tinggi dari pada metode pelaburan, serta pengujian organisme lain seperti jamur, bubuk dan rayap tanah

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kami ucapkan pada pihak PGT Sindangwangi yang telah mendukung penelitian ini.

KONTRIBUSI PENULIS

Penulis:

Ghani Fakkar (GF) Ihak Sumardi (IS), dan Yoyo Suhaya (YS)

Kontribusi penulis:

Ide, desain, dan rancangan percobaan dilakukan oleh GF; percobaan dan perlakuan pengujian dilakukan oleh GF; pengumpulan data dan analisis data dilakukan oleh GF, IS dan YS; penulisan manuskrip oleh GF; perbaikan dan finalisasi manuskrip dilakukan oleh IS dan YS.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdurrohm, S., & Martawijaya, A. (1983). *Beberapa faktor yang mempengaruhi keterawetan kayu*. Bogor: Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan.
- Aisyah, I. (2019) *Multimanfaat arang dan asap cair dari limbah biomasa*. Deepublish
- Arsyad, W. O. M., Basri, E., Hendra, D., & Trisatya, D. R. (2019). Termite resistance of impregnated Jabon wood (*Anthocephalus cadamba* Miq.) with combined impregnant agents. *Journal of the Korean Wood Science and Technology*, 47(4), 451–458. <https://doi.org/10.5658/WOOD.2019.47.4.451>
- Aseptianova, A., Fitri Wijayanti, T. and Nurina, N. (2017). Efektifitas pemanfaatan tanaman sebagai insektisida elektrik untuk mengendalikan nyamuk penular penyakit DBD. *Bioeksperimen: Jurnal Penelitian Biologi*, 3(2), pp. 10–19. doi: 10.23917/bioeksperimen.v3i2.5178.
- Azmi, W.K., Sumardi, I., Suhaya Y. (2021). Karakterisasi asap cair distilasi dan terdistilasi vakum dari limbah serasah pinus. *Jurnal Selulosa* 11(2): 103-114. DOI: <http://dx.doi.org/10.25269/jsel.v11i02.334>
- Barnes, H. M. (2007). An overview of pressure treating processes for wood. Pages 277-287 in *Wood Protection 2006*, H. M. Barnes, editor. Proceedings No. 7229, Forest Products Society, Madison, WI.
- BSN. (2014). SNI 01-7207-2014 Uji ketahanan kayu terhadap organisme perusak kayu
- Cavdar, A. D. (2014). Effect of various wood preservatives on limiting oxygen index levels of fir wood. *Measurement*, 50, 279–284. <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2014.01.009>
- Chalermisan, Y., & Peerapan, S. (2009). Wood vinegar: by-product from rural charcoal kiln and its role in plant protection. *Asian Journal of Food and Agro-Industry*, Special Issue, S189-S195.
- Fadillah, A. M., Hadi, Y. S., Massijaya, M. Y., & Ozarska, B. (2014). Resistance of preservative treated mahogany wood to subterranean termite attack. *Journal of the Indian Academy of Wood Science*, 11(2), 140–143. <https://doi.org/10.1007/s13196-014-0130-2>
- Grewal, A., Abbey, Lord, & Gunupuru, L. R. (2018). Production, prospects and potential application of pyroligneous acid in agriculture. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 135, 152–159. <https://doi.org/10.1016/j.jaap.2018.09.008>
- Hassan, E. M., Yu, F., Ingram, L., & Steele, P. (2009). The potential use of whole-tree biomass for bio-oil fuels. *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects*, 31(20), 1829–1839. <https://doi.org/10.1080/15567030802463364>
- Hossain, M. M., Scott, I. M., McGarvey, B. D., Conn, K., Ferrante, L., Berruti, F., & Briens, C. (2013). Toxicity of lignin, cellulose and hemicellulose-pyrolyzed bio-oil combinations: Estimating pesticide resources. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 99, 211–216. <https://doi.org/10.1016/j.jaap.2012.07.008>
- Humar, M., & Lesar, B. (2009). Influence of dipping time on uptake of preservative solution, adsorption, penetration and fixation of copper-ethanolamine based wood preservatives. *European Journal of Wood and Wood Products*, 67(3), 265–270. <https://doi.org/10.1007/s00107-009-0317-1>
- Imanuddin, R., Hidayat, A., Rachmat, H. H., Turjaman, M., Pratiwi, Nurfatriani, F., Indrajaya, Y., & Susilowati, A. (2020). Reforestation and sustainable management of *Pinus merkusii* forest plantation in Indonesia: A Review. *Forests*, 11(12), 1235. <https://doi.org/10.3390/f11121235>
- Kirker, G. T., & Lebow, S. T. (2020). Wood Preservation (Chapter 15). In *Wood Handbook-Wood as an Engineering Material*. FPL-GTR. Madison, WI.
- Levine, J. S. (1994). Biomass burning and the production of greenhouse gases. *Climate Biosphere Interntion: Biogenic Emissions and Environmental Effects of Climate Change* (Editor Righard). John Wiley and Sons, Inc. G.Zepph^{https://www.researchgate.net/publication/24161310}
- Lombok, J. Z., Setiaji, B., Trisunaryanti, W., & Wijaya, K. (2014). Effect of pyrolysis temperature and distillation on character of coconut shell liquid smoke. *Proceeding of International Conference on Research, Implementation and Education of Mathematics and Sciences*, UGM. (Hal, C87-C96).
- Mathew, S., & Zakaria, Z. A. (2015). Pyroligneous acid—the smoky acidic liquid from plant biomass. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 99(2), 611–622. <https://doi.org/10.1007/s00253-014-6242-1>
- Prawira, H., Oramahi, H. A., Setyawati, D., & Diba, F. (2013). Aplikasi asap cair dari kayu laban (*Vitex pubescens Vahl*) untuk pengawetan kayu karet. *Jurnal Hutan Lestari*, 1(1), 16-22.
- Rosalina, Tedja, T., Riani, E., & Sugiarti, S. (2016). An environmental-friendly pesticide from bintaro (*Cerbera odollam* gaertn) liquid smoke for pine wood preservation against a subterranean

- termite *Captotermes curvignathus* Holmgren attack. *Rasayan Journal Chemical*, 9(3), 438-443. <http://www.rasayanjournal.com><http://www.rasayanjournal.co.in>
- Sayed, A., Behle, R., Tiilikkala, K., & Vaughn, S. (2018). Insecticidal activity of bio-oils and biochar as pyrolysis products and their combination with microbial agents against *Agrotis ipsilon* (Lepidoptera: Noctuidae). *Pesticidi i Fitomedicina*, 33(1), 39–52. <https://doi.org/10.2298/pif1801039s>
- Sunarta, S. (2006). *Pembuatan biopreservative asap cair cangkang kelapa sawit serta aplikasinya untuk pengawetan kayu*. (Tesis), Program Master Teknologi Hasil Perkenunan Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Sunarta, S., Darmadji, P., Uehara, T., & Katoh, S. (2011). Production and characterization of palm fruit shell bio-oil for wood preservation. *Forest Products Journal*, 61(2), 180–184. <https://doi.org/10.13073/0015-7473-61.2.180>
- Wibowo, S., Pari, G., & Pangersa Gusti, R. E. (2016). Pemanfaatan asap cair kayu pinus (*Pinus merkusii* jungh. & de vriese) sebagai koagulan getah karet. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, 34(3), 199–205. <https://doi.org/10.20886/jphh.2016.34.3.199-205>
- Wititsiri, S. (2011). Production of wood vinegars from coconut shells and additional materials for control of termite workers, *Odontotermes* sp. and striped mealy bugs, *Ferrisia virgata*. *Songklanakarin Journal of Science and Technology*, 33(3), 349-354. <http://www.sjst.psu.ac.th>
- Xin, X., Dell, K., Udugama, I. A., Young, B. R., & Baroutian, S. (2021). Transforming biomass pyrolysis technologies to produce liquid smoke food flavouring. *Journal of Cleaner Production*, 294:125368 <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.125368>
- Yatagai, M., Nishimoto, M., Hori, K., Ohira, T., & Shibata, A. (2002). Termiticidal activity of wood vinegar, its components and their homologues. *Journal of Wood Science*, 48(4), 338–342. <https://doi.org/10.1007/BF00831357>