

KARAKTERISTIK DAN AKTIVITAS ANTIBAKTERI ASAP CAIR DARI BIOMASSA KAYU PUTIH (*MELALEUCA LEUCADENDRA*) DAN KAYU JATI (*TECTONA GRANDIS*)

*Characteristics and Antibacterial Activity of Liquid Smoke From White Wood (*Melaleuca leucadendra*) and Teak Wood (*Tectona grandis*) Biomass*

Ria Suryani^{1*}, Wahyu Anggo Rizal², Diah Pratiwi¹, Dwi Joko Prasetyo¹

¹Balai Penelitian Teknologi Bahan Alam, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia
Jalan Yogya - Wonosari km 31,5 Gading, Playen, Gunungkidul, DIY

*Penulis Korespondensi, email : riasuryani786@gmail.com

Disubmit: 29 Januari 2020 Direvisi: 1 Mei 2020 Diterima: 8 Juni 2020

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik serta aktivitas antibakteri asap cair yang berasal dari biomassa kayu putih (*Melaleuca leucadendra*) dan kayu jati (*Tectona grandis*). Asap cair dalam penelitian ini diperoleh melalui kondensasi asap yang dihasilkan dari pirolisis biomassa kayu putih dan kayu jati pada suhu 250°C selama 8 jam. Asap cair yang terbentuk dari kedua biomassa memiliki karakteristik warna cokelat transparan, pH 2,8 (asam), dan masih memiliki bahan padatan terapung. Hasil uji antibakteri asap cair dari kayu putih dan kayu jati dengan metode difusi agar terhadap tiga (3) isolat bakteri patogen yaitu *Escherichia coli* FNCC 194, *Staphylococcus aureus* FNCC 0047, dan *Pseudomonas aeruginosa* FNCC 0156 menunjukkan hasil positif dengan terbentuknya zona jernih di sekeliling cakram. Hasil uji antibakteri asap cair dari biomassa kayu jati terhadap *Staphylococcus aureus* FNCC 0047 menunjukkan perbedaan yang signifikan dibandingkan dengan kontrol positif, yaitu Ampicillin 10 mcg. Karakterisasi fisik dan analisis GC-MS digunakan untuk mengetahui komposisi asap cair yang berasal dari dua biomassa yang berbeda. Diketahui bahwa acetic acid merupakan komponen utama yang ditemukan pada kedua sampel, yaitu sebesar 45,35% pada asap cair dari biomassa kayu putih dan 25,35% pada asap cair dari biomassa kayu jati. Selain acetic acid, kandungan fenol juga ditemukan pada kedua asap cair. Asap cair dari biomassa kayu putih mengandung fenol sebesar 6,53%, sedangkan asap cair dari biomassa kayu jati mengandung fenol sebesar 11,19%. Tingginya kandungan fenol yang dimiliki asap cair dari biomassa kayu jati diduga turut berpengaruh terhadap kemampuannya dalam menghambat pertumbuhan bakteri.

Kata Kunci: Pirolisis; Kondensasi; Difusi Agar

ABSTRACT

*This study aims to determine the characteristics and antibacterial activity of liquid smoke derived from the biomass of eucalyptus (*Melaleuca leucadendra*) and teak wood (*Tectona grandis*). Liquid smoke in this study was obtained through condensation of smoke produced from pyrolysis of eucalyptus and teak wood biomass at a temperature of 250°C for 8 hours. Liquid smoke formed from both biomass has the characteristics of transparent brown color, pH 2,8 (acid), and still has a floating solid materials. Antibacterial assay results of liquid smoke from eucalyptus and teak wood with diffusion method to three (3) isolates of pathogenic bacteria namely *Escherichia coli* FNCC 194, *Staphylococcus aureus* FNCC 0047, and *Pseudomonas aeruginosa* FNCC 0156 showed positive results with the formation of clear zones around the discs. Antibacterial liquid smoke assay results from teak wood biomass against *Staphylococcus aureus* FNCC 0047 showed a significant difference compared to positive control, Ampicillin 10 mcg. Physical characterization and GC-MS analysis were used to determine the composition of liquid smoke originating from two different biomass. It is known that acetic acid is the main component found in both samples, which*

is 45.35% in liquid smoke from eucalyptus biomass and 25.35% in liquid smoke from teak biomass. In addition to acetic acid, phenol content is also found in both liquid smoke. Liquid smoke from eucalyptus biomass contains phenol of 6.53%, while liquid smoke from teak biomass contains phenol of 11.19%. The high phenol content of liquid smoke from teak biomass is thought to have an effect on its ability to inhibit bacterial growth.

Keywords : Pyrolysis; Condensation; Agar Diffusion

PENDAHULUAN

Kayu putih (*Melaleuca leucadendra*) merupakan salah satu tanaman penting dalam industri minyak atsiri. Kayu putih dapat tumbuh hingga mencapai tinggi 30 m, namun pada keadaan tertentu tanaman ini tumbuh menjadi belukar dengan ukuran 1,5-3 m saja seperti halnya tanaman kayu putih di hutan produksi Daerah Istimewa Yogyakarta (Kartikawati *et al.*, 2014). Kayu putih mempunyai daun yang mengandung minyak atsiri sebesar 0,5-1,5%. Metode yang banyak digunakan dalam proses produksi minyak atsiri dari tanaman kayu putih adalah dengan teknik penyulingan. Penyulingan merupakan proses pemisahan komponen-komponen suatu campuran yang terdiri atas dua cairan atau lebih berdasarkan perbedaan titik didih komponen-komponen senyawa tersebut. Kegiatan penyulingan kayu putih menghasilkan limbah padat tanaman berupa daun dan ranting.

Pohon Jati (*Tectona grandis*) merupakan sejenis pohon penghasil kayu berkualitas tinggi. Pohon jati berbatang lurus, dapat tumbuh besar dan mencapai tinggi hingga 30-40 m. Selain di Jawa dan Muna, di Indonesia pohon jati juga dikembangkan di Bali dan Nusa Tenggara. Meskipun bersifat keras dan kuat, kayu jati mudah dipotong dan dikerjakan, sehingga banyak dimanfaatkan untuk membuat furniture, mebel, panel, dan ukir-ukiran (Suroso, 2017). Furniture dan mebel berbahan kayu jati dikenal sangat kuat dan awet, serta tidak mudah berubah bentuk karena perubahan cuaca. Serbuk gergaji kayu jati sebagai limbah usaha pemotongan kayu memiliki komponen penyusun komponen kimia yang sama dengan kayu, seperti selulosa, hemiselulosa dan lignin.

Industri penyulingan kayu putih dan pemotongan kayu jati menghasilkan limbah padat dari tanaman yang lebih dikenal sebagai biomassa. Biomassa merupakan sumber energi terbarukan yang berasal dari hewan, tanaman, maupun mikroorganisme dan memiliki kandu-

ngan volatil tinggi namun kadar karbon rendah (Uddin *et al.*, 2018). Tingginya kandungan senyawa volatil dalam biomassa menyebabkan pembakaran dapat dimulai pada suhu rendah. Biomassa terdiri atas beberapa komponen yaitu air, zat mudah menguap (volatil), karbon terikat dan abu (Surono, 2010). Salah satu teknologi alternatif yang dapat dikembangkan untuk memanfaatkan limbah kayu putih dan kayu jati yaitu dengan pirolisis biomassa.

Pirolisis (proses pengarangan) menghasilkan 3 bentuk zat, diantaranya zat padat berupa arang, zat gas berupa asap dan zat cair berupa tar dan asap cair. Asap cair dihasilkan dari proses pirolisis dengan kondisi oksigen minimal dan kondensasi asap. Kayu ditempatkan pada retort besar dimana panas yang sangat tinggi diterapkan, menyebabkan kayu membara (tidak terbakar), melepaskan gas yang terlihat sebagai asap biasa. Gas-gas ini dengan cepat didinginkan dalam kondensor, sehingga mencairkan asap (Lingbeck *et al.*, 2014).

Asap cair dapat dimanfaatkan untuk berbagai keperluan, salah satunya untuk mengawetkan atau memperpanjang masa simpan suatu produk (Assidiq *et al.*, 2018). Senyawa asam yang terkandung dalam asap cair dapat menghambat terbentuknya spora dan pertumbuhan mikroba pada produk makanan, yaitu bakteri dan fungi. Sedangkan senyawa fenolik asap cair memiliki sifat antibakteri dan antioksidan, serta menunjukkan aktivitas antimikroba yang efektif secara in-vitro terhadap berbagai organisme seperti bakteri (gram positif dan gram negatif), ragi dan kapang.

Selain mengawetkan produk, pemberian asap cair pada makanan dapat menambah cita rasa, warna, dan aroma yang diinginkan (Darmadji, 1996; Assidiq *et al.*, 2018). Beberapa kelebihan aplikasi asap cair pada makanan dibandingkan dengan metode pengasapan tradisional antaralain kemudahan dalam aplikasi, kecepatan dan

keseragaman produk (Pino, 2014), serta lebih ramah lingkungan dan dapat menghilangkan senyawa yang berpotensi toksik namun tetap memberikan rasa dan aroma pengasapan secara tradisional yang diinginkan.

Komposisi kimiawi asap cair tergantung pada jenis dan kadar air kayu, serta dipengaruhi oleh suhu pirolisis dan durasi pembentukan asap (Cadwallader, 2007). Kebanyakan massa kayu kering terdiri dari selulosa, hemiselulosa dan lignin.

Limbah proses penyulingan kayu putih yang berupa daun dan ranting pada umumnya hanya digunakan sebagai bahan bakar dengan nilai ekonomis yang rendah. Meskipun demikian beberapa penelitian telah menunjukkan potensinya sebagai bahan pembuat arang aktif (Sutapa *et al.*, 2011) dan pupuk kompos (Rahmawati *et al.*, 2016). Sedangkan limbah grajen kayu jati kebanyakan dijual tanpa pengolahan lebih lanjut dan dimanfaatkan oleh masyarakat sebagai bahan bakar tungku. Melalui proses pirolisis, limbah penyulingan kayu putih dan grajen kayu jati diharapkan dapat memiliki nilai ekonomis yang lebih tinggi dengan luaran berupa produk asap cair. Penelitian ini bertujuan untuk mengolah limbah penyulingan kayu putih dan grajen kayu jati menjadi asap cair dan mengetahui karakteristiknya sehingga dimasa mendatang dapat dimanfaatkan secara tepat.

METODE

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi biomassa kayu putih dan kayu jati, akuades, filter paper no.1 (Whatman), medium Mueller Hinton Agar (Himedia), *sterile blank disk* (Oxoid), Amphotericin 10 mcg (Oxoid), kultur murni *Escherichia coli* FNCC 194, *Staphylococcus aureus* FNCC 0047, dan *Pseudomonas aeruginosa* FNCC 0156. Alat yang digunakan yaitu mesin grinder, reaktor pirolisis asap cair, alat analisa kadar air (AND MX-50), pHmeter (Mettler Toledo), spektrofotometer (Multiskan), jangka sorong digital (Krisbow), dan GC-MS (Shimadzu).

Biomassa kayu putih berupa ranting dalam penelitian ini diperoleh dari limbah penyulingan pabrik minyak kayu putih Sendangmole, Playen, Gunung kidul, Daerah Istimewa Yogyakarta. Biomassa kayu jati berupa grajen kayu jati diperoleh dari unit usaha pemo-

tongan kayu di wilayah Nglipar, Gunungkidul, Daerah Istimewa Yogyakarta.

Biomassa kayu putih dan kayu jati dikeringkan dengan dijemur pada sinar matahari selama 1 hari, hasil pengeringan diambil sampel untuk dilakukan pengujian kadar air dengan alat analisa kadar air (AND MX-50) dan dilakukan analisa komponen lignoselulosa dengan metode Chesson (Datta, 1981).

Analisa komponen lignoselulosa dengan metode Chesson dilakukan sebagai berikut. Satu gram sampel kering biomassa (a) ditambahkan 150 ml akuades dan dilakukan refluk pada suhu 100°C pada waterbath selama 1 jam. Kemudian dilakukan penyaringan dengan filter paper no.1 (Whatman) untuk memisahkan residu dan filtrat. Selanjutnya residu dicuci dengan air panas dan dikeringkan pada suhu 105°C sampai diperoleh berat konstan (b). Kemudian dilakukan refluk residu (b) dengan penambahan 150 ml H₂SO₄ 1 N pada waterbath selama 1 jam pada suhu 100°C. Hasil refluk residu kemudian disaring, dicuci, dan dikeringkan sehingga menjadi residu kering (c). Pada residu kering © selanjutnya ditambahkan 10 ml H₂SO₄ 72% dan didiamkan pada suhu kamar selama 4 jam. Selanjutnya ditambahkan 150 ml H₂SO₄ 1 N dan direfluk kembali pada waterbath selama 1 jam. Residu disaring, dicuci, dan dikeringkan (d). Selanjutnya residu (d) diabukan dan ditimbang sisa abunya (e). Perhitungan untuk mengetahui komposisi lignoselulosa bahan baku sebagai berikut:

$$\text{Selulosa} = (c-d)/a \times 100\%$$

$$\text{Lignin} = (d-e)/a \times 100\%$$

$$\text{Zat larut air} = (a-b)/a \times 100\%$$

$$\text{Hemiselulosa} = (b-c)/a \times 100\%$$

Biomassa kayu putih yang sudah kering dikecilkan ukurannya sampai mencapai ukuran ± 1-5 cm menggunakan mesin grinder, dan dikemas dengan berat disesuaikan dengan kapasitas alat pirolisis.

Peralatan yang digunakan dalam pembuatan asap cair meliputi reaktor pirolisis dengan bahan bakar gas LPG dilengkapi dengan kondensor.

Sebanyak 12 kg biomassa ranting kayu putih dengan kadar air 7,07% ditempatkan dalam reaktor pirolisis, kemudian setelah sistem tertutup rapat, dilakukan pirolisis dengan suhu 250°C selama 8 jam. Produk hasil kondensasi dari pirolisis yang berupa asap cair ditampung dalam wadah dan di-

diamkan selama 24 jam untuk mengendapkan tar. Proses pembentukan asap cair dari biomassa grajen kayu jati tidak jauh berbeda. Sebanyak 12,6 kg grajen kayu jati dengan kadar air 6,77% ditempatkan dalam reaktor pirolisis, setelah sistem tertutup rapat dilakukan pirolisis dengan suhu 250°C selama 8 jam. Produk hasil kondensasi dari pirolisis yang berupa asap cair ditampung dalam wadah dan didiamkan selama 24 jam untuk mengendapkan tar.

Diagram kerja pirolisis ditunjukkan pada Gambar 1. Asap cair yang diperoleh dari pirolisis kedua macam biomassa tersebut kemudian disaring menggunakan filter paper no.1 (Whattman) untuk keperluan uji antibakteri.

Pengukuran pH asap cair dilakukan dengan menggunakan pHmeter (Mettler Toledo). Identifikasi komponen kimia asap cair menggunakan GC-MS (Shimazu) yang dioptimalkan pada suhu kolom 60°C selama 5 menit, kemudian ditingkatkan hingga mencapai 200°C dan dipertahankan selama 30 menit, suhu injektor diatur pada 250°C. Gas helium digunakan sebagai gas pembawa dengan tekanan gas 50 kPa. Data MS diatur pada berat molekul komponen antara 28,00 sampai 600,00 dalam waktu 1,80 sampai 70,00 menit.

Uji antibakteri dilakukan dengan mengacu pada metode yang direkomendasikan oleh

CLSI (Clinical & Laboratory Standards Institute) (Cockerill et. al., 2012). Sediaan murni isolat bakteri *Escherichia coli* FNCC 194, *Staphylococcus aureus* FNCC 0047, dan *Pseudomonas aeruginosa* FNCC 0156 masing-masing digores pada cawan petri terpisah selama 24 jam hingga terbentuk koloni tunggal. Selanjutnya koloni tunggal diambil dengan ose steril, lalu dimasukkan dalam tabung reaksi berisi NaCl 0.85% steril dan diaduk hingga homogen. Campuran tersebut kemudian disetarakan dengan standar McFarland 0,5 dan digunakan sebagai inokulum. Cotton bud steril digunakan untuk menggoreskan inokulum secara merata pada permukaan medium Mueller Hinton Agar (Himedia). Cakram steril (Oxoid) direndam dalam asap cair yang berasal dari biomassa kayu putih dan kayu jati masing-masing selama 10 menit, kemudian ditiriskan dan diletakkan dengan pinset steril diatas medium yang telah digores dengan inokulum bakteri. Amphicillin 10 mcg (Oxoid) digunakan sebagai kontrol positif. Inkubasi dilakukan selama 18-24 jam pada temperatur 37°C. Masing-masing pengujian dilakukan sebanyak 3 kali ulangan. Diameter zona jernih yang terbentuk di sekeliling cakram diukur menggunakan jangka sorong digital (Krisbow).



Gambar 1. Diagram kerja proses pembuatan asap cair

Pengukuran *Minimum Inhibitory Coefficient* (MIC) dilakukan dengan membuat serial pengenceran asap cair dari biomassa kayu putih dan kayu jati secara bertingkat menggunakan medium Nutrient Broth (Merck), mulai dari 50%, 25%, 12,5%, 6,25%, 3,125%, 1,56%, 0,78%, 0,39%, dan 0% (kontrol negatif). Kultur bakteri uji dipersiapkan dengan memasukkan 1 ose koloni bakteri kedalam medium Nutrient Broth (Merck) steril kemudian ditumbuhkan hingga kekeruhannya setara dengan standar McFarland 0,5. Sebanyak 1 ml kultur bakteri uji kemudian dimasukkan kedalam masing-masing tabung reaksi berisi asap cair yang diencerkan secara bertingkat. Inkubasi dilakukan pada suhu 37°C selama 18-24 jam dengan kondisi shaker (Stuart) pada kecepatan 100 rpm. Setelah inkubasi masing-masing cairan dalam tabung reaksi diukur kekeruhannya dengan menggunakan spektrofotometer (Multiskan) pada panjang gelombang 600 nm.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Ranting kayu putih dan grajen kayu jati digunakan sebagai bahan baku pembuatan asap cair karena mempunyai kandungan ligno-selulosa (lignin, selulosa dan hemiselulosa) yang tinggi. Hasil analisa komposisi ligno-selulosa pada kedua bahan disajikan pada Tabel 1.

Asap cair yang diperoleh dari proses pirolisis biomassa ranting kayu putih dan kayu jati berwarna coklat pekat seperti pada Gambar 2. Warna coklat pada asap cair di-

pengaruhi oleh kandungan senyawa karbonil, semakin tinggi kadar karbonil semakin tinggi potensi pencokelatannya (Aditria *et al.*, 2013). Asap cair dari kayu pada umumnya berupa cairan berwarna kuning kecoklatan/coklat kehitaman yang diperoleh dari hasil samping pembuatan arang pada suhu 200-450°C (Towaha *et al.*, 2013; Komarayati *et al.*, 2011).

Suhu tinggi pirolisis mengakibatkan terjadinya degradasi selulosa, hemiselulosa dan lignin. Pirolisis terjadi dalam empat tahap, dimulai dari penguapan air, diikuti oleh dekomposisi hemiselulosa, dekomposisi selulosa, dan dekomposisi lignin. Dekomposisi hemiselulosa dan selulosa terjadi pada suhu antara 180°C hingga 350°C (Lingbeck *et al.*, 2014), menghasilkan asam karboksilat dan senyawa karbonil, sedangkan dekomposisi lignin terjadi pada rentang suhu yang lebih luas, yaitu 160-625°C, menghasilkan senyawa fenolik (Kabakcı *et al.*, 2017).

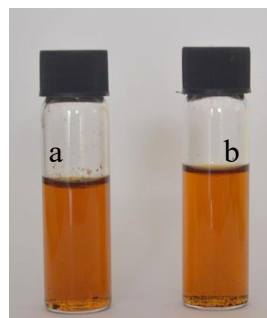
Selain senyawa karbonil, asam, dan fenolik, pirolisis kayu sering menghasilkan senyawa yang tidak menguntungkan seperti Polycyclic Aromatic Hydrocarbon (PAH) yang bersifat karsinogen. Senyawa tersebut dihasilkan dari pembakaran bahan-bahan organik yang tidak sempurna. Kondisi reaksi, suhu dan kandungan air dapat mempengaruhi kuantitas dan komposisi PAH yang dihasilkan (Toth *et al.*, 1984; Vaessen *et al.* 1988).

Karakterisasi fisik asap cair dari biomassa kayu putih dan kayu jati disajikan pada Tabel 2.

Tabel 1. Komposisi ligno-selulosa biomassa ranting kayu putih dan kayu jati

Material	L (%)	S (%)	H (%)	Z (%)
Kayu Putih	27,51	31,94	17,99	22,16
Kayu Jati	16,90	21,19	17,54	38,36

keterangan: L=Lignin, S=Selulosa, H=Hemi selulosa, Z=Zat larut air



Gambar 2. Asap cair dari biomassa kayu putih (a) dan kayu jati (b)

Tabel 2. Karakterisasi fisik asap cair dari biomassa kayu putih dan kayu jati

Karakter Fisik	Asap Cair	
	Biomassa Kayu Putih	Biomassa Kayu Jati
Warna	cokelat pekat	cokelat pekat
Transparansi	transparan	transparan
Bahan Terapung	ada	ada
pH	2,85	2,81

Tabel 3. Komponen senyawa utama yang terkandung dalam asap cair

Komponen Asap Cair	Persentase (%)	
	Kayu Putih	Kayu Jati
Acetic acid	45,35	25,35
Methylamine d2-deuteriochloride	18,66	21,60
Phenol	2,53	4,75
Pentanal	-	3,88
Acetone	4,36	-
Hydroxyacetone	2,17	3,83
2-methoxyphenol	1,88	3,71
Propionic acid	2,54	3,10
2-furanmethanol	-	3,00
2,6-dimethoxyphenol	2,12	2,73
2-Cyclopentene-1-one	-	2,66
Furfural/2-Furancarboxaldehyde	3,76	-
1,4-Cycloheptadiene, 6-butyl-, (R)-	1,80	-

Nilai pH asap cair yang rendah menunjukkan bahwa asap cair berkualitas tinggi sehingga dapat mendukung daya simpan produk pangan (Girard, 1992). Namun keberadaan bahan terapung (tar) pada asap cair yang dihasilkan dari biomassa kayu putih dan kayu jati ini mengakibatkan asap cair tidak dapat langsung diaplikasikan untuk pengawetan produk pangan karena bersifat karsinogenik. Untuk menghilangkan kandungan tar pada asap cair dapat dilakukan dengan destilasi.

Komponen senyawa utama yang ditemukan pada asap cair dari biomassa kayu putih dan kayu jati berdasarkan hasil analisis GC-MS ditunjukkan pada Tabel 3.

Berdasarkan Tabel 3, komponen senyawa terbesar dari asap cair dari kedua bahan didominasi oleh acetic acid, yaitu sebesar 45,35% pada asap cair dari biomassa kayu putih, dan 25,35% pada asap cair dari biomassa kayu jati. *Acetic acid* yang terkandung dalam asap cair dari kayu putih lebih besar daripada kayu jati diduga terkait dengan kandungan selulosa pada biomassa yang digunakan sebagai bahan baku. Biomassa

kayu putih (selulosa 31,94%) menghasilkan 45,35% acetic acid dalam asap cair, lebih besar dari biomassa kayu jati (selulosa 21,19%) yang menghasilkan 25,35% acetic acid dalam asap cair.

Selulosa adalah unsur utama dinding sel tanaman dan kandungannya dalam biomassa dapat mencapai hingga 50% dari berat. Struktur polimer selulosa terdiri dari unit-unit monomer glukosa yang terhubung dengan β -(1,4)-ikatan glikosidik. Suhu pirolisis dalam penelitian ini yaitu 250°C memungkinkan terjadinya penguapan air, diikuti oleh dekomposisi hemiselulosa, dekomposisi selulosa, dan dekomposisi lignin. Dekomposisi hemiselulosa dan selulosa terjadi pada rentang suhu antara 180°C hingga 350°C, menghasilkan asam karboksilat dan senyawa karbonil.

Asam karboksilat, terutama acetic acid, terbentuk dari pemotongan gugus asetil pada komponen hemiselulosa (Zabeti *et al.*, 2012; Oasmaa *et al.*, 2010) dan pemotongan cincin pada komponen selulosa (Melligan *et al.*, 2012). Kandungan hemiselulosa pada kedua bahan baku yang tidak berbeda secara signifikan (pada kayu putih 17,99%; kayu jati 17,54%) me-

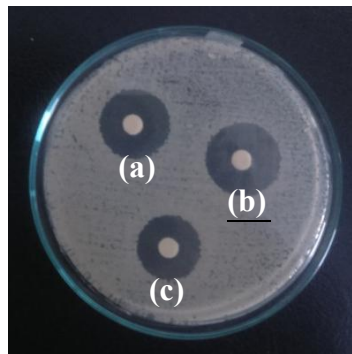
nguatkan dugaan bahwa penyebab utama perbedaan kandungan acetic acid dalam asap cair yang terbentuk adalah komponen selulosa pada bahan baku. Bahan yang kandungan selulosanya tinggi akan menghasilkan total asam yang tinggi pula (Ishak *et al.*, 2019).

Di sisi lain, lignin merupakan senyawa aromatik yang lebih kompleks dan lebih tahan terhadap suhu tinggi dibanding selulosa dan hemiselulosa (Garcia-Maraver *et al.*, 2013; Haykiri *et al.*, 2009; Collard *et al.*, 2012). Degradasi lignin terjadi pada kisaran suhu yang lebih luas, yaitu 160-625°C dan menghasilkan senyawa fenolik, seperti guaiacol dan syringol yang berpengaruh terhadap aroma asap cair (Apituley *et al.*, 2014). Oleh karena itu kandungan lignin dalam suatu bahan akan menentukan aroma pada produk asapan.

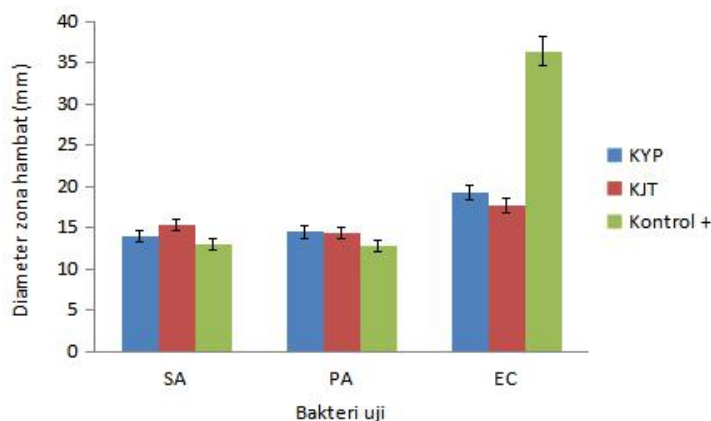
Uji aktivitas antibakteri asap cair dari biomassa kayu putih dan kayu jati terhadap isolat bakteri *Escherichia coli* FNCC 194, *Staphy-*

lococcus aureus FNCC 0047, dan *Pseudomonas aeruginosa* FNCC 0156 (Gambar 3.) menunjukkan hasil positif dengan terbentuknya zona jernih di sekeliling cakram. Hasil uji antibakteri asap cair dari biomassa kayu putih dan kayu jati terhadap isolat bakteri *Escherichia coli* FNCC 194, *Staphylococcus aureus* FNCC 0047, dan *Pseudomonas aeruginosa* FNCC 0156 ditunjukkan pada Gambar 4.

Asap cair dari biomassa kayu jati menghasilkan zona hambat yang lebih besar secara signifikan terhadap *Staphylococcus aureus* FNCC 0047 dibandingkan dengan kontrol positif yang digunakan, yaitu Ampicillin 10 mcg. Namun pada uji antibakteri terhadap *Pseudomonas aeruginosa* FNCC 0156 dan *Escherichia coli* FNCC 194, baik asap cair dari biomassa kayu putih maupun kayu jati menghasilkan diameter zona hambat yang lebih kecil dibandingkan dengan kontrol positif.



Gambar 3. Zona jernih terbentuk pada uji antibakteri asap cair (a) kayu putih (b) kayu jati (c) ampicillin 10 mcg terhadap isolat bakteri patogen *Staphylococcus aureus* FNCC 0047



Gambar 4. Diameter zona hambat asap cair dari biomassa kayu putih (KYP) dan kayu jati (KJT) terhadap pertumbuhan bakteri *Staphylococcus aureus* FNCC 0047 (SA), *Pseudomonas aeruginosa* FNCC 0156 (PA), dan *Escherichia coli* FNCC 194 (EC)

Tabel 4. Hasil uji MIC asap cair dari biomassa kayu putih terhadap bakteri *Staphylococcus aureus* FNCC 0047, *Pseudomonas aeruginosa* FNCC 0156, dan *Escherichia coli* FNCC 194

Konsentrasi Asap Cair (KYP)	Absorbansi (Pada λ 600 Nm)		
	SA	PA	EC
50%	0,085	0,079	0,082
25%	0,083	0,081	0,086
12,5%	0,086	0,082	0,088
6,25%	0,092	0,080	0,089
3,125%	0,116	0,115	0,098
1,56%	0,159	0,198	0,112
0,78%	0,557	0,666	0,125
0% (kontrol -)	0,817	1,259	0,399

Tabel 5. Hasil uji MIC asap cair dari biomassa kayu jati terhadap bakteri terhadap bakteri *Staphylococcus aureus* FNCC 0047, *Pseudomonas aeruginosa* FNCC 0156, dan *Escherichia coli* FNCC 194

Konsentrasi Asap Cair (KJT)	Absorbansi (pada λ 600 nm)		
	SA	PA	EC
50%	0,096	0,082	0,081
25%	0,095	0,081	0,082
12,5%	0,105	0,083	0,085
6,25%	0,163	0,082	0,083
3,125%	0,194	0,083	0,087
1,56%	0,411	0,468	0,103
0,78%	0,619	0,807	0,123
0% (kontrol -)	0,817	1,173	0,429

Berdasarkan Tabel 4 diketahui bahwa konsentrasi hambat minimal asap cair dari biomassa kayu putih terhadap bakteri *Staphylococcus aureus* FNCC 0047 adalah 12,5%, sedangkan terhadap bakteri *Pseudomonas aeruginosa* FNCC 0156 dan *Escherichia coli* FNCC 194 adalah 6,25%. Sedangkan berdasarkan Tabel 5. diketahui bahwa konsentrasi hambat minimal asap cair dari biomassa kayu jati terhadap bakteri *Staphylococcus aureus* FNCC 0047 adalah 25%, sementara terhadap bakteri *Pseudomonas aeruginosa* FNCC 0156 dan *Escherichia coli* FNCC 194 adalah 3,125%.

Nilai MIC/konsentrasi hambat minimal asap cair, baik dari kayu putih maupun kayu jati terhadap bakteri *Staphylococcus aureus* FNCC 0047 cenderung lebih tinggi dibandingkan nilai MIC asap cair terhadap bakteri *Pseudomonas aeruginosa* FNCC 0156 dan *Escherichia coli* FNCC 194. Adanya perbedaan konsentrasi hambat minimal antar kelompok perlakuan asap cair diduga terkait dengan struktur dinding sel yang dimiliki bakteri-bakteri tersebut. *Staphylococcus aureus* tergolong dalam kelompok bakteri gram positif, sedangkan *Pseudomonas aeruginosa* dan *Escherichia coli*

tergolong dalam kelompok bakteri gram negatif.

Bakteri gram negatif memiliki dinding sel dengan lapisan peptidoglikan tipis dan dikelilingi oleh membran luar yang tersusun dari lipopolisakarida. Membran luar bakteri gram negatif berfungsi sebagai penghalang terhadap senyawa hidrofobik (Helander *et al.*, 1998). Sementara itu bakteri gram positif tidak memiliki membran luar, tetapi memiliki dinding sel dengan lapisan peptidoglikan berkali lipat lebih tebal daripada yang ditemukan pada bakteri gram negatif (Silhavy *et al.*, 2010).

Dinding sel bakteri gram positif lebih tahan terhadap tekanan mekanik atau kimia dibandingkan dengan bakteri gram negatif, dengan keberadaan komponen peptidoglikan yang kuat secara mekanis dan kimia untuk melindungi sel bakteri (Wada *et al.*, 2012). Sebaliknya, McDonnell *et al.*, 2001 menyatakan bahwa peptidoglikan dan asam teikoat pada dinding sel bakteri gram positif tidak bertindak sebagai penghalang yang efektif atas masuknya senyawa antimikroba (antiseptik dan disinfektan), sebab zat

dengan berat molekul tinggi dapat dengan mudah melintasi dinding sel *Staphylococcus*. Kemampuan plastisitas sel bakteri gram positif lebih menentukan sensitivitas sel terhadap senyawa yang bersifat antimikroba, dimana ketebalan dan tingkat ikatan silang (*cross-linking*) pada peptidoglikan dapat dimodifikasi sebagai bentuk pertahanan sel.

Studi yang dilakukan Zuraida *et al.*, 2011 menunjukkan bahwa asap cair, yang berasal dari tempurung kelapa memiliki aktivitas penghambatan terhadap bakteri *Pseudomonas aeruginosa* dan *Staphylococcus aureus* dengan konsentrasi hambat minimal masing-masing 0.22% dan 0.40%. Sementara studi yang dilakukan Soares *et al.*, 2016 menyebutkan bahwa asap cair memberikan efek penghambatan terhadap bakteri *Escherichia coli*, *Salmonella choleraesuis*, *Staphylococcus aureus* dan *Listeria monocytogenes* dengan konsentrasi minimal mulai dari 7,5 hingga 15%.

Senyawa yang terkandung dalam asap cair yang diduga kuat berperan sebagai agen antimikroba adalah senyawa fenolik, karbonil, dan asam organik, salah satu diantaranya adalah acetic acid (Milly *et al.*, 2005; Soldera *et al.*, 2008; Lingbeck *et al.*, 2014).

Fenol merupakan molekul bioaktif. Aktivitas biologis fenol dapat dikaitkan dengan struktur molekulnya; dengan gugus hidroksil atau cincin fenolik, senyawa fenolik memiliki kapasitas untuk berikatan dengan protein dan membran bakteri serta membentuk kompleks (Minatel *et al.*, 2017). Pembentukan kompleks protein fenol memiliki pengaruh signifikan pada struktur protein, kelarutan, hidrofobitas, stabilitas termal, dan titik isoelektrik (Jakobek, 2015). Selanjutnya, pengikatan senyawa fenolik dengan protein menyebabkan terjadinya pemblokiran beberapa residu asam amino. Selanjutnya efek penghambatan dapat terjadi melalui denaturasi dan koagulasi protein pada mikroorganisme (Ozidal *et al.*, 2013).

Asam organik dalam asap cair yang diduga turut berperan dalam menghambat pertumbuhan bakteri adalah *acetic acid*. *Acetic acid* menghambat pertumbuhan bakteri melalui mekanisme disrupsi pada membran sel bakteri, serta menghambat proses sintesis enzim dan berbagai makromolekul didalam sel (Cherington *et al.*, 1991). Asam organik merupakan surfaktan anionik yang bertindak sebagai disinfektan yang mengganggu kestabilan membran. Mekanisme umum penghambatan pertumbuhan mikroba oleh asam organik yaitu

melalui pengasaman sitoplasma sel yang diakibatkan oleh pelepasan proton berlebih setelah terjadinya disosiasi asam (Booth, 1985).

Untuk mengetahui dengan pasti senyawa yang berperan paling dominan dalam menghambat pertumbuhan bakteri perlu dilakukan fraksinasi atau pemisahan senyawa sampel asap cair dan dilanjutkan dengan uji konsentrasi hambat minimal masing-masing fraksi tersebut terhadap mikroorganisme target.

SIMPULAN

Asap cair yang dihasilkan dari biomassa kayu putih dan kayu jati memiliki karakteristik diantaranya warna coklat gelap, transparan, terdapat bahan-bahan terapung, dan pH asam. Adanya variasi dalam komponen senyawa utama yang terkandung dalam asap cair diduga dipengaruhi oleh perbedaan kandungan selulosa pada bahan baku pirolisis. Uji asap cair dari kedua bio-massa terhadap tiga isolat bakteri patogen yaitu *Staphylococcus aureus* FNCC 0047, *Pseudomonas aeruginosa* FNCC 0156, dan *Escherichia coli* FNCC 194 menunjukkan hasil positif dengan terbentuknya zona jernih di sekeliling cakram. Kandungan fenol dan acetic acid dalam asap cair diduga merupakan komponen utama yang berperan dalam menghambat pertumbuhan bakteri.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia yang telah mendukung penelitian ini melalui skema IPTEKDA 2019.

DAFTAR PUSTAKA

- Kartikawati, NK, Rimbawanto, A, Susanto, M, Baskorowati, L, Prastyono. 2014. *Budidaya dan Prospek Pengembanan Kayuputih (Melaleuca cajuputi)*. IPB Press, Jakarta
- Suroso, SP. Jati (*Tectona grandis*). Dinas Kehutanan dan Perkebunan Daerah Istimewa Yogyakarta

- Uddin, MN, Techato, K, Taweekun, J, Rahman, MM, Rasul, MG, Mahlia, TMI, Ashrafur, SM. 2018. An overview of recent developments in biomass pyrolysis technologies. *Energies*. 11(11), 3115. <https://doi.org/10.3390/en11113115>
- Surono, UB. 2010. Peningkatan kualitas pembakaran biomassa limbah tongkol jagung sebagai bahan bakar alternatif dengan proses karbonisasi dan pembriketan. *Jurnal Rekayasa Proses*. 4(1), 13-18. <https://doi.org/10.22146/jrekpros.570>
- Lingbeck, JM, Cordero, P, O'Bryan, CA, Johnson, MG, Ricke, SC, Crandall, PG. 2014. Functionality of liquid smoke as an all-natural antimicrobial in food preservation. *Meat Science* 97, 197-206. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2014.02.003>
- Assidiq, F, Rosahdi, TD, El Viera, BV. 2018. Pemanfaatan asap cair tempurung kelapa dalam pengawetan daging sapi. *al-Kimiya* 5(1), 34-41. <https://doi.org/10.15575/ak.v5i1.3723>
- Darmadji, P. 1996. Aktivitas anti bakteri asap cair yang diproduksi dari bermacam - macam limbah pertanian. *Agritech*. 16(4), 19-22. <https://doi.org/10.22146/agritech.19317>
- Pino, JA. 2014. Characterisation of volatile compounds in a smoke flavouring from rice husk. *Food Chem*. 153, 81-86. <https://www.doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.12.041>
- Cadwallader, KR. 2007. *Wood smoke flavor*. Pp. 201-210 in L. M. L. Nollet, ed. *Handbook of meat, poultry and seafood quality*. Blackwell Publishing, Ames, IA
- Sutapa, JPG, Hidayat, AN. 2011. Pemanfaatan limbah daun dan ranting penyulingan minyak kayu putih (*Melaleuca cajuputi* powell) untuk pembuatan arang aktif. *Prosiding Seminar Nasional Masya-rakat Peneliti Kayu Indonesia (MAPEKI) XIV*.
- Rahmawati, A, Alberto, E, Soemarno, S. 2016. Pengaruh kompos limbah daun minyak kayu putih untuk pertumbuhan semai tanaman kayu putih. *Jurnal Tanah dan Sumber Daya Lahan* 3(1), 293-301. <https://jtsl.ub.ac.id/index.php/jtsl/article/view/141>
- Datta, R. 1981. Acidogenic fermentation of lignocellulose-acid yield and conversion of components. *Biotechnology and Bioengineering* 23(9), 2167-2170. <https://doi.org/10.1002/bit.260230921>
- Cockerill, FR, et. al. 2012. *Performance Standards for Antimicrobial Disk Susceptibility Tests; Approved Standard*. Vol. 32 No. 1 – Eleventh Edition. Clinical and Laboratory Standards Institute, Wayne
- Aditria, R, Cahyono, B, Swastawati, F. 2013. Identifikasi komponen penyusun asap cair dari ampas sagu dan kulit batang tanaman sagu (*Metroxylon sagu* rottb) serta penentuan senyawa fenolat total dan aktivitas antioksidan. *Chem Info*. 1(1), 240 - 246. <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/kimia/article/view/1884>
- Towaha, J, Aunillah, A, Purwanto, EH. 2013. Pemanfaatan asap cair kayu karet dan tempurung kelapa untuk penanganan polusi udara pada lump. *Buletin RISTRI* 4(1), 71-80.
- Komarayati, S, Rasyid, GM, Pari, G. 2011. Produksi cuka kayu hasil modifikasi tungku arang terpadu. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan* 29(3), 234-247. <https://doi.org/10.20886/jphh.2011.29.3.234-247>
- Kabakcı, SB, Hacıbektaşoğlu, S. 2017. Catalytic pyrolysis of biomass. *IntechOpen*. <https://doi.org/10.5772/67569>
- Toth, L, Potthast, K. 1984. Chemical aspects of the smoking of meat and meat products. *Advances in Food Research* 29, 87-158. [http://www.ifrj.upm.edu.my/18%20\(01\)%202011/\(4\)%20IFRJ-2010-185%20Son\[1\].pdf](http://www.ifrj.upm.edu.my/18%20(01)%202011/(4)%20IFRJ-2010-185%20Son[1].pdf)
- Vaessen, HAMG, Jekel, AA, Wilbers, AAMM. 1988. Dietary intake of polycyclic aromatic hydrocarbons. *Toxicological & Environmental Chemistry* 16 (4), 281-294. <https://doi.org/10.1080/02772248809357267>
- Girard, JP. 1992. *Technology of meat and meat product smoking*. Ellis Horwood, Chichester
- Zabeti, M, Nguyen, TS, Lefferts, L, Heeres, HJ, Seshan, K. 2012. In situ catalytic pyrolysis of lignocellulose using alkali-modified amorphous silica alumina. *Bioresource Technology* 118, 374-381. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2012.05.034>
- Oasmaa, A, Elliott, DC, Korhonen, J. 2010. Acidity of biomass fast pyrolysis bio-oils. *Energy Fuels*. 24(12), 6548-6554. <https://doi.org/10.1021/ef100935r>
- Melligan, F, Hayes, MHB, Kwapinski, W, Leahy, JJ. 2012. Hydropyrolysis of

- biomass and online catalytic vapor upgrading with Ni-ZSM 5 and Ni-MCM-41. *Energy Fuels* 26(10), 6080-6090. <https://doi.org/10.1021/ef301244h>
- Garcia-Maraver, A, Salvachúa, D, Martínez, MJ, Diaz, LF, Zamorano, M. 2013. Analysis of the relation between the cellulose, hemicellulose and lignin content and the thermal behavior of residual biomass from olive trees. *Waste Management* 33(11), 2245-2249. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2013.07.010>
- Haykiri-Acma, H, Yaman, S. 2009. Thermo-gravimetric investigation on the thermal reactivity of biomass during slow pyrolysis. *International Journal of Green Energy* 6(4), 333-342. <https://doi.org/10.1080/15435070903106959>
- Collard, FX, Blin, J, Bensakhira, A, Valette, J. 2012. Influence of impregnated metal on the pyrolysis conversion of biomass constituents. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis* 95, 213-226. <https://doi.org/10.1016/j.jaap.2012.02.009>
- Apituley, DAN, Leiwakabessy, J, Nanlohy, EEEM. 2014. Pemanfaatan asap cair kayu putih (*Malaleuca cajuputi*) sebagai antioksidan dalam pengolahan ikan tuna asap. *Chimica et Natura Acta* 2(2), 145-151. <http://jurnal.unpad.ac.id/jcena/article/view/9159/4098>
- Helander, IM, Alakomi, HL, Latva-Kala, K, Mattila-Sandholm, T, Pol, I, Smid, EJ, Gorris, LGM, von Wright, A. 1998. Characterization of the action of selected essential oil components on gram-negative bacteria. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 46, 3590-3595. <https://doi.org/10.1021/jf980154m>
- Silhavy, TJ, Kahne, D, Walker, S. 2010. The bacterial cell envelope. *Cold Spring Har Perspect Biol*. 2(5), a000414. <https://doi.org/10.1101/cshperspect.a000414>
- Wada, A, Kono, M, Kawauchi, S, Takagi, Y, Morikawa, T, Funakoshi, K. 2012. Rapid discrimination of gram-positive and gram-negative bacteria in liquid samples by using NaOH-Sodium Dodecyl Sulfate solution and flow cytometry. *PLoS ONE* 7(10), e47093. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0047093>
- McDonnell, G, Russell, AD. 2001. Antiseptics and disinfectants: activity, action, and resistance. *Clinical Microbiology Reviews*. 14(1), 227. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC88911/>
- Zuraida, I, Sukarno, Budijanto, S. 2011. Antibacterial activity of coconut shell liquid smoke (CS-LS) and its application on fish ball preservation. *International Food Research Journal*. 18(1), 405-410. [http://www.ifrj.upm.edu.my/18%20\(01\)%202011/\(42\)%20IFRJ-2010-100.pdf](http://www.ifrj.upm.edu.my/18%20(01)%202011/(42)%20IFRJ-2010-100.pdf)
- Soares, JM, da Silva, PF, Puton, BMS, Brustolin, AP, Cansian, RL, Dallago, RM, Valduga, E. 2016. Antimicrobial and antioxidant activity of liquid smoke and its potential application to bacon. *Innovative Food Science & Emerging Technologies* 38, 189-197. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2016.10.007>
- Milly, PJ, Toledo, RT, Ramakrishnan, S. 2005. Determination of minimum inhibitory concentrations of liquid smoke fractions. *Journal of Food Science* 70 (1), 12-17.
- Soldera, S, Sebastianutto, N, Bortolomeazzi, R. 2008. Composition of phenolic compounds and antioxidant activity of commercial aqueous smoke flavorings. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 56(8), 2727-2734. <https://doi.org/10.1021/jf072117d>
- Minatel, IO, Borges, CV, Ferreira, MI, Gomez, HAG, Chen, CO, Lima, GPP. 2017. Phenolic compounds: functional properties, impact of processing and bioavailability. *Intechopen Open Access Peer-Reviewed Chapter*. <https://doi.org/10.5772/66368>
- Jakobek, L. 2015. Interactions of polyphenols with carbohydrates, lipids and proteins. *Food Chem*. 175, 556-567. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.12.013>
- Ozidal, T, Capanoglu, E, Altay, FL. 2013. A review on protein phenolic interactions and associated changes. *Food Research International* 51(2), 954-970. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2013.02.009>
- Cherrington, CA, Hinton, M, Mead, GC, Chopra, I. 1991. Organic acids: chemistry, antibacterial activity and practical applications. *Advances in Microbial Physiology*. 32, 87-108. [https://doi.org/10.1016/S0065-2911\(08\)60006-5](https://doi.org/10.1016/S0065-2911(08)60006-5)
- Booth, IR. 1985. Regulation of cytoplasmic pH in bacteria. *Microbiol Rev*. 49(4), 359-378.

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC373043/>
Sutapa, JPG, Hidayat, AN. 2011. Pemanfaatan limbah daun dan ranting penyulingan

minyak kayu putih (*Melaleuca cajuputi* powell) untuk pembuatan arang aktif. *Prosiding Seminar Nasional Masyarakat Peneliti Kayu Indonesia (MAPEKI) XIV*.