

KEUNGGULAN ASAP CAIR YANG BERASAL DARI BIOMASSA SEBAGAI AGEN ANTIMIKROBA

Khalimatus Sa'diyah*, Profiyanti Hermien Suhati, Alzena Araminta Aileen Janitra, Lailatul Mashliha.

Jurusan Teknik Kimia – Politeknik Negeri Malang
Jalan Soekarno-Hatta No.9 Kota Malang, Jawa Timur, Indonesia, 65141
E-mail: khalimatus.s@polinema.ac.id

Abstrak

Asap cair yang dihasilkan dari biomassa, terutama serbuk kayu, sekam padi, dan sabut kelapa, diharapkan dapat meningkatkan nilai ekonomi serta manfaat dari sumber biomassa tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk menginvestigasi pengaruh metode pemurnian dan jenis biomassa terhadap kualitas asap cair, yang kemudian dapat dimanfaatkan sebagai agen antibakteri. Tahapan percobaan melibatkan pembuatan asap cair, proses pemurnian, penerapannya sebagai agen antibakteri, serta analisis kualitas produk akhir. Sebanyak 500 gram bahan mentah dari setiap jenis biomassa, variasi serbuk kayu, sekam padi dan sabut kelapa, digunakan dalam proses pirolisis, yang menghasilkan asap cair selama dua jam pada suhu 260°C. Pada tahap pemurnian, zeolit aktif digunakan sebagai adsorben untuk meningkatkan kemurnian asap cair. Analisis dilakukan terhadap yield, pH, densitas, dan warna dari produk asap cair, yang kemudian digunakan dalam proses inkubasi minuman susu yang telah mengalami fermentasi. Asap cair yang dihasilkan dalam penelitian ini memiliki massa jenis lebih besar dari 0,9499 g/cm³, pH 2, yield lebih besar dari 18,1%, dan warna oranye-kuning, semuanya memenuhi standar kualitas cuka kayu Jepang. Asap cair yang dihasilkan juga memiliki kemampuan untuk menghambat pertumbuhan mikroorganisme saat minuman susu asam diinkubasi.

Kata kunci: antimikroba; asap; biomassa; cair.

ADVANTAGES OF USING LIQUID SMOKE AS AN ANTIMICROBIAL AGENT DERIVED FROM BIOMASS

Abstract

It is anticipated that liquid smoke made from biomass, particularly wood dust, rice husks, and coconut fiber, will raise the biomass source's economic worth and advantages. The purpose of this study is to look at how different biomass types and purification techniques affect the quality of liquid smoke, which is subsequently employed as an antibacterial agent. The stages of the experiment include the creation of liquid smoke, its conservation, its use as an antibacterial agent, and a quality assessment of the finished product. The pyrolysis method uses 500 grams of raw material total from each type of biomass, a variety of coconut fiber, rice husks, and sawdust, and it creates liquid smoke at 260°C for two hours. Active zeolite is employed as an adsorbent during the purification step to improve the liquid smoke's purity. The yield, pH, density, and color of the liquid smoke product were analyzed before it was utilized to incubate fermented milk beverages. The liquid smoke generated in this study satisfied the quality requirements of Japanese wood vinegar with a density of more than 0.9499 g/cm³, a pH of 2, a yield of more than 18.1%, and an orange-yellow tint. In addition, the liquid smoke generated can stop bacteria from growing when sour milk beverages are incubated.

Key words: antimicrobia; biomass; liquid; smoked.

PENDAHULUAN

Biomassa yang dapat digunakan kembali tersedia dalam jumlah yang melimpah di Indonesia. Pada tahun 2020, diproyeksikan dapat diproduksi sekitar 53,7 ton setiap tahunnya dari serbuk gergaji

kayu, sekam padi, dan sabut kelapa (Parinduri and Parinduri, 2020). Komposisi serbuk kayu umumnya terdiri dari selulosa (40–50%), hemiselulosa (20–30%), dan lignin (20–30%), dengan kandungan unsur anorganik yang sedikit (Setiowati, et al., 2014). Menurut (Kondo, et al., 2018), sabut kelapa memiliki

komposisi sebesar 29,4% lignin, 27,7% hemiselulosa, dan 26,6% selulosa. Sementara itu, dalam sekam padi, ditemukan kandungan 24,3% hemiselulosa, 34,4% selulosa, dan 19,2% lignin (Wilda, et al., 2015). Komponen kimia yang terdapat dalam selulosa, lignin, dan hemiselulosa dapat diuraikan menjadi asam, karbonil, dan fenol, yang kemudian dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku untuk pembuatan asap cair (Pamori, et al., 2015). Kayu-kayu yang cenderung terbakar lambat dan menghasilkan banyak asap, seperti jati, kapur barus, bangkirai, kruing, glugu, lamtoro gung, dan mahoni, sering digunakan sebagai bahan pengasap (Sulistijowati, et al., 2011). Salah satu pendekatan yang berbeda dalam pengolahan biomassa adalah dengan mengubahnya menjadi asap cair, produk berkualitas tinggi dan bernilai tinggi (Putri, et al., 2022).

Salah satu hasil samping dari proses kondensasi uap pembakaran dari bahan berkarbon tinggi dan senyawa kimia lainnya adalah asap cair. Terdapat tiga metode utama untuk menghasilkan asap cair: karbonisasi (pirolisis lambat dengan sumber panas eksternal tanpa kehadiran oksigen); gasifikasi (pembakaran lambat pada suhu rendah, tanpa api, dengan pasokan oksigen yang terbatas); dan pirolisis cepat (mirip dengan karbonisasi, namun pada suhu yang lebih tinggi) (Huang, et al., 2023). Dalam proses pirolisis, asap cair dihasilkan dengan mengalirkan uap hasil pembakaran melalui pipa pendingin setelah pembakaran dalam reaktor pirolisis. Setelah itu, asap cair dapat disucikan menggunakan berbagai teknik, seperti filtrasi dan adsorpsi.

Asap cair memiliki beragam aplikasi potensial, seperti dalam industri makanan sebagai pengawet, bidang kesehatan, pemupukan tanaman, insektisida, disinfektan, herbisida, dan lainnya. Berkat kandungan asam dan komponen fenolik, asap cair juga memperlihatkan sifat antimikroba, antibakteri, dan antioksidan (Hendra, et al., 2014). Penggunaan asap cair sebagai pengawet menawarkan berbagai manfaat dibandingkan dengan senyawa sintetis, termasuk efek antibakteri dan antioksidan. Penggunaan asap cair sebagai pengawet makanan memiliki sejumlah keunggulan, seperti menghasilkan produk dengan risiko karsinogenik yang lebih rendah, proses pengasapan yang lebih efisien secara waktu, serta memberikan kontrol atas warna dan rasa produk (Salindeho, et al., 2017). Pembuatan asap cair, sebagai inovasi terbaru, diharapkan dapat mengurangi ketergantungan pada bahan tambahan dan pengawet yang berpotensi berbahaya seperti formalin, boraks, dan lainnya. Dalam penelitian sebelumnya, telah terbukti bahwa asap cair yang berasal dari cangkang kelapa sawit memiliki sifat antibakteri dan antioksidan terhadap bakteri. Penelitian ini menggunakan berbagai konsentrasi asap cair 5%, 10%, 15%, 20%, dan 25% untuk membandingkan efeknya dengan amoksisilin. Hasil temuan menunjukkan bahwa asap cair cangkang sawit

memiliki aktivitas antioksidan yang signifikan, dengan nilai IC50 sebesar 91,27 ppm. Pada konsentrasi 15%, asap cair mampu menghentikan pertumbuhan kuman seperti *Escherichia coli*, *Bacillus subtilis*, dan *Staphylococcus aureus* (Priatni, et al., 2018).

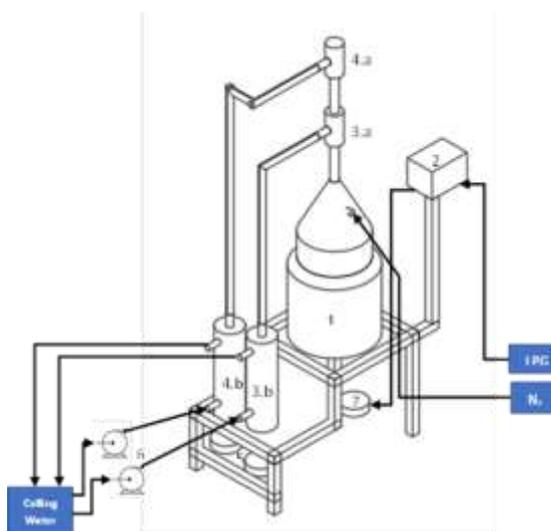
Perlu dilakukan penelitian tentang karakteristik asap cair yang dihasilkan dari berbagai jenis biomassa, terutama serbuk gergaji kayu, sabut kelapa, dan sekam padi. Selain itu, penelitian mengenai pemanfaatan asap cair sebagai agen antibakteri juga penting. Dalam penelitian ini, metode pirolisis langsung diterapkan untuk menghasilkan asap cair dari berbagai bahan biomassa, termasuk serbuk gergaji kayu, sabut kelapa, dan sekam padi. Adsorben zeolit digunakan dalam teknik adsorpsi untuk membersihkan asap cair. Evaluasi produk asap cair dilakukan berdasarkan parameter warna, densitas, dan pH. Salah satu fungsi asap cair adalah sebagai penghambat pertumbuhan mikroorganisme. Metode TPC (*Total Plate Count*) akan digunakan untuk menilai penurunan jumlah mikroorganisme setelah pemberian asap cair.

METODE PENELITIAN

Bahan

Bahan-bahan utama yang digunakan meliputi sekam padi, sabut kelapa, dan serbuk gergaji kayu. Serbuk gergaji kayu dihasilkan dari limbah industri furnitur. Tiga jenis kayu utama yang digunakan dalam produksi furnitur adalah trembesi, mahoni, dan jati. Sekam padi diperoleh dari pabrik penggilingan beras, sementara sabut kelapa didapat dari pedagang pasar.

Alat



Gambar 1. Peralatan Pirolisis

Keterangan Alat:

1. Reaktor Pirolisis
2. Regulator Suhu
3. a. Kondensor Bagian Bawah

3. b. Perangkap Tar Bagian Bawah
4. a. Kondensor Bagian Atas
4. b. Perangkap Tar Bagian Atas
5. Penyimpanan Asap Cair
6. Pompa Air
7. Pemanas

Prosedur

Penelitian dilakukan melalui 4 (empat) tahapan, yaitu:

Pembuatan asap cair

Langkah awal dalam persiapan semua bahan mentah mencakup pengeringan, pemurnian, dan penjagaan konsistensi ukuran. Melalui proses pirolisis atau karbonisasi pada suhu rendah dan tanpa oksigen, bahan mentah diubah menjadi asap cair. Setiap tahap pengolahan menggunakan 500 gram bahan mentah. Reaktor semi-batch yang terbuat dari baja tahan karat digunakan dalam proses pirolisis, dipanaskan hingga 260°C selama dua jam. Kondensor digunakan untuk mendinginkan uap yang dihasilkan selama proses pirolisis.

Pemurnian asap cair

Langkah adsorpsi kemudian diterapkan untuk memurnikan produk cair yang tersisa setelah kondensasi atau proses pembentukan asap cair. Tujuan dari tahap pemurnian ini adalah untuk menghilangkan tar yang terbawa dalam proses kondensasi dan menghasilkan asap cair dengan kejernihan yang lebih baik. Sebagai adsorben, zeolit yang telah diaktivasi menggunakan metode kimia asam H₂SO₄ digunakan. Asap cair dialirkan melalui pipa dengan diameter 3 cm dan panjang 15 cm yang diisi dengan karbon aktif untuk melakukan proses adsorpsi. Waktu kontak yang diatur adalah dua jam dalam kolom adsorber tersebut.

Penerapan Asap Cair sebagai Antimikroba

Pengujian dilakukan untuk mengevaluasi kemampuan asap cair dalam menghambat pertumbuhan mikroba saat mikroba diinokulasi pada minuman yang sedang difermentasi. Minuman fermentasi yang digunakan terdiri dari air, gula, dekstrosa, susu bubuk skim (3,4%), perasa buatan, dan kultur bakteri asam laktat strain *L. Casei Shirota*. Metode *pour plate* dengan menggunakan media NA (nutrient agar) digunakan untuk proses inokulasi. Tersedia tiga jenis sampel: blanko, sampel yang mengandung tiga tetes minuman fermentasi, dan sampel yang mengandung tiga tetes minuman fermentasi ditambah dua tetes asap cair. Setelah tiga periode inkubasi selama 24 jam, dilanjutkan dengan satu periode observasi selama 24 jam.

Evaluasi Mutu Asap Cair

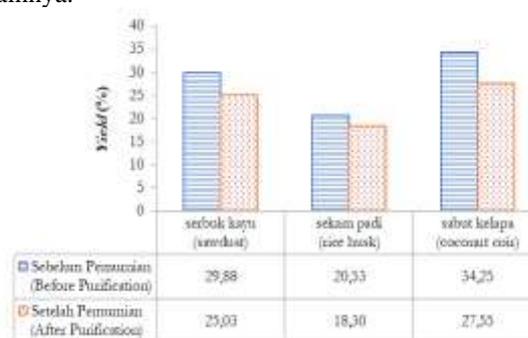
Menurut SNI 8985:2021, beberapa parameter crude asap cair yang berasal dari bahan baku lignoselulosa meliputi sifat warna, keberadaan bahan terapung, pH, berat jenis (BJ), asam asetat, dan fenol (Badan Standardisasi Nasional (BSN), 2021). Produk asap cair akan mengalami analisis fisik dan organoleptik. Meskipun warna dimasukkan dalam

evaluasi organoleptik, pengujian pH dan kepadatan dilakukan sebagai bagian dari studi fisik. Untuk mengamati warna asap cair, perbandingan dilakukan dengan warna dan panjang gelombang pada gambaran rangkaian warna, dimana pengamatan warna menggunakan spektrum atau rangkaian warna. Mikroorganisme yang hadir dalam asap cair yang dihasilkan selama proses pirolisis diuji menggunakan metode *Total Plate Count* (TPC). Metode ini menghitung jumlah sel mikroba yang berkembang selama penelitian terhadap penghambat mikroba. SNI 2897:2008, yang membahas Tata Cara Pengujian Kontaminasi Mikroba pada Daging, Telur, dan Susu, Serta Produk Olahannya, menjadi dasar dari metode TPC.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengaruh Variasi Jenis Biomassa pada Hasil Asap Cair

Komponen utama dari asap cair, yang merupakan kondensat uap hasil pirolisis kayu, meliputi karbonil, fenol, dan asam. Senyawa ini terbentuk melalui penguraian termal komponen selulosa, hemiselulosa, dan lignin. Kualitas asap cair yang dihasilkan dari berbagai jenis bahan baku akan berbeda dalam hal yield, pH, densitas, dan faktor lainnya.



Gambar 2. Korelasi antara Jenis Biomassa dan Yield Asap Cair Sebelum dan Sesudah Proses Pemurnian

Yield merupakan rasio massa biomassa yang terbakar terhadap massa asap cair yang dihasilkan (Tang, et al., 2021). Hasil dari berbagai jenis biomassa bervariasi antara 20 hingga 34% sebelum proses pemurnian, dengan rendemen tertinggi pada sabut kelapa dan terendah pada sekam padi, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1. Setelah dilakukan pemurnian, produksi asap cair menurun menjadi kisaran antara 18,3 hingga 27,55%. Setelah proses pemurnian, terjadi penurunan persentase rendemen yang paling signifikan pada sabut kelapa, mencapai 7%, sementara penurunan persentase rendemen pada sekam padi lebih rendah, hanya sebesar 2%. Hasil rendemen dari sekam padi tergolong rendah jika dibandingkan dengan penelitian serupa; hasil tertinggi yang tercatat mencapai 46,25% (Maulinda, et al., 2015)(Sari, et al., 2015). Di sisi lain, hasil

rendemen dari sabut kelapa (34%), yang sebelumnya mencatatkan angka 32,4%, tergolong tinggi (Megasari, 2020).

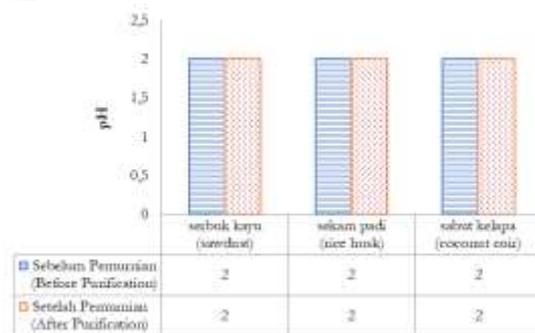
Faktor-faktor seperti lingkungan tempat bahan baku diperoleh, komposisi tanaman, kondisi tanah, dan metode pembakaran merupakan beberapa variabel yang berpengaruh terhadap tinggi rendemen asap cair. Kualitas akhir produk juga akan dipengaruhi oleh karakteristik kandungan masing-masing jenis biomassa. Selain itu, jumlah bahan lignoselulosa yang digunakan akan menentukan hasil akhir yang diperoleh; Biomassa lignoselulosa yang berasal dari berbagai sumber memiliki konsentrasi yang bervariasi dari selulosa, hemiselulosa, dan lignin. Berikut adalah bahan baku yang memiliki kandungan lignoselulosa:

Tabel 1. Konsentrasi Lignoselulosa dalam Bahan Baku

Biomassa	Lignoselulosa			Sumber
	Lignin	Hemiselulosa	Selulosa	
Serbuk Kayu	25%	22%	16%	(Susilwati, 2016)
	17,51%	22,26%	41,1	(Trisanti, et al., 2018)
Sekam padi	18,98%	25,05%	27,37%	(Wilda and Pandebesie, 2015)
	20,47%	-	45,57%	(Asnani, et al., 2013)
Sabut Kelapa	33,5%	15,5%	37,9%	(Kondo and Arsyad, 2018)
	41%	18%	27%	(Mulyawan, et al., 2015)

Setelah proses pemurnian, volume asap cair menurun dan persentase hasil asap cair berkurang karena kontaminan dipisahkan dari cairan distilat selama proses adsorpsi, yang menghambat penguapan. Asap cair kemudian dipasarkan, meningkatkan nilai tambah, dan fraksi aktifnya diisolasi melalui distilasi. Komponen utama yang dihasilkan dari adsorpsi asap cair adalah asam organik, senyawa fenolik, dan asam asetat. Zat-zat ini memiliki potensi sebagai antioksidan, antibakteri, dan antivirus karena mampu menekan perkembangan mikroba (Li, et al., 2018).

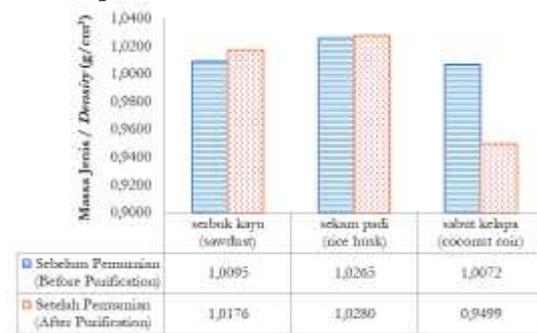
Pengaruh Variasi Jenis Biomassa pada pH Asap Cair



Gambar 3. Korelasi antara Jenis Biomassa dan pH Asap Cair Sebelum dan Setelah Pemurnian

Gambar 3 menunjukkan bahwa untuk semua jenis biomassa, nilai pH asap cair tetap 2, baik sebelum maupun setelah proses pemurnian. Temuan ini berbeda dengan hasil penelitian lain yang melaporkan pH asap cair dari biomassa sebesar 3,52 (Mustafiah, et al., 2016). Standar SNI-8985-2021 menetapkan kisaran kasar pH asap cair kualitas 1 antara 1,5 hingga 2,75. Hal ini menandakan bahwa asap cair yang dihasilkan memenuhi standar tersebut dan mengandung sejumlah besar bahan kimia asam, terutama asam asetat. pH asap cair yang dihasilkan melalui proses pirolisis dan adsorpsi kering biomassa dari sumber lignoselulosa, seperti limbah kebun dan pertanian, berkisar antara 2 hingga 4 (Grewal, et al., 2018). Semakin rendah pH asap cair, semakin tinggi kualitasnya dalam menghambat pertumbuhan bakteri. Kehadiran zat asam seperti asam asetat dan asam lainnya memengaruhi tingkat pH asap cair. pH asap cair mencerminkan konsentrasi total asam yang dapat dititrasi (Ince, et al., 2021). Konsentrasi tinggi total asam yang dapat dititrasi akan menyebabkan pH asap cair menjadi rendah, sementara konsentrasi rendah akan menghasilkan pH asap cair yang tinggi (Mustafiah, et al., 2016). Karena sifat asam fenol memengaruhi cincin aromatik, kadar fenol juga memengaruhi pH. pH asap cair akan menurun seiring dengan meningkatnya konsentrasi bahan kimia asam di dalamnya. Kualitas asap cair dipengaruhi oleh rendahnya nilai pH, yang berdampak pada kualitas organoleptik dan umur simpan produk (Dewi, 2019).

Pengaruh Variasi Jenis Biomassa pada Massa Jenis Asap Cair



Gambar 4. Korelasi antara Jenis Biomassa dan Massa Jenis Asap Cair Sebelum dan Setelah Pemurnian

Perbandingan massa dan volume membentuk massa jenis asap cair, seperti data yang ditampilkan pada Gambar 4. Hasil temuan menunjukkan bahwa sebelum proses pemurnian, massa jenis asap cair bervariasi antara 1,0265 hingga 1,0072 g/cm³, dengan asap cair yang berasal dari sekam padi memiliki massa jenis tertinggi, sementara yang berasal dari sabut kelapa memiliki massa jenis terendah. Setelah melalui prosedur pemurnian, asap

cair dari sabut kelapa tetap mempertahankan kepadatan terendah, yaitu $0,9499 \text{ g/cm}^3$, sementara asap cair dari sekam padi memiliki kepadatan tertinggi, mencapai $1,0015 \text{ g/cm}^3$. Massa jenis asap cair dari serbuk kayu dan sekam padi meningkat setelah dimurnikan dengan metode adsorpsi, sementara massa jenis asap cair dari sabut kelapa mengalami penurunan. Asap cair yang dihasilkan dari sekam padi memiliki massa jenis sebesar $1,029 \text{ g/cm}^3$, dengan perbedaan $0,001$ dari hasil penelitian sebelumnya. Massa jenis asap cair dari kayu jati adalah $0,9307 \text{ g/cm}^3$ (Raihana, et al., 2022). Rentang massa jenis asap cair mentah, menurut standar SNI-8985-2021, adalah antara $1,0050$ hingga $1,0500 \text{ g/cm}^3$, yang berarti semua temuan massa jenis berada di bawah persyaratan yang telah ditetapkan. Kandungan yang beragam dari setiap jenis biomassa mempengaruhi volume dan sifat asap cair, termasuk kepadatannya, yang berfluktuasi dalam variasi yang berbeda-beda untuk setiap jenis biomassa. Kadar air dalam bahan adalah komponen yang paling berpengaruh terhadap kepadatan. Kepadatan mencerminkan kepadatan molekul dalam cairan (Arumsari, et al., 2021) (Handayani, et al., 2022).

Pengaruh Pemurnian pada Warna Asap Cair

Batu zeolit aktif digunakan untuk menyaring sisa asap cair setelah proses pirolisis. Pemurnian dilakukan untuk menghilangkan kontaminan dari asap cair, menciptakan asap cair yang murni dan bebas karsinogen. Selain itu, pemurnian bertujuan untuk mengurangi bau dan warna yang tajam dari asap cair. Asap cair dipisahkan dari bahan kimia berbahaya seperti benzopiren menggunakan zeolit aktif (Fauzan and Ikhwanus, 2017).



Gambar 5. Perbandingan Warna Asap Cair dari Biomassa Sabut Kelapa (a) Sebelum dan (b) Setelah Pemurnian

Gambar 4 menampilkan hasil pengamatan yang menunjukkan bahwa asap cair yang dihasilkan dari sabut kelapa memiliki warna merah kehitaman sebelum proses pemurnian, dengan panjang gelombang antara 620 dan 750 nm , dan berubah

menjadi kuning-oranye setelah proses pemurnian, dengan panjang gelombang antara 570 dan 590 nm . Spektrum atau deret warna yang digunakan tersedia di bawah ini untuk mengelompokkan warna:

Warna	Panjang Gelombang	Frekuensi	Energi Foton
Ungu	380-450 nm	668-789 Thz	2.75-3.26 eV
Biru	450-495 nm	606-668 Thz	2.50-2.75 eV
Hijau	495-570 nm	526-606 Thz	2.17-2.50 eV
Kuning	570-590 nm	508-526 Thz	2.10-2.17 eV
Jingga	590-620 nm	484-508 Thz	2.00-2.10 eV
Merah	620-750 nm	400-484 Thz	1.62-2.00 eV

Gambar 6. Spektrum Warna

Setelah melalui proses pemurnian, warna asap cair yang berubah menjadi kuning kecoklatan telah memenuhi standar mutu 1 SNI-8985-2021. Kandungan karbonil dalam produk memengaruhi warna asap cair; semakin tinggi kandungan karbonilnya, semakin besar kemungkinan asap cair akan berubah warna menjadi coklat atau hitam. Warna gelap menandakan bahwa asap cair masih mengandung banyak komponen tar dengan berat molekul tinggi sebelum melalui proses filtrasi. Asap cair setelah pemurnian memiliki warna yang lebih cerah karena komponen-komponen pengotor seperti tar telah terikat atau teradsorpsi pada permukaan zeolit yang aktif (Fachraniah, et al., 2016).

Pengaruh Pemurnian Asap Cair pada Perkembangan Aktivitas Mikroba

Bahan kimia fenolik dan asam asetat yang terdapat dalam asap cair yang berasal dari serbuk kayu, sekam padi, dan sabut kelapa terdeteksi dengan jelas (Sa'diyah, et al., 2019). Kandungan asam dan gugus fenol tersebut memiliki sifat antibakteri yang dapat digunakan untuk mengawetkan daging dan ikan, di antara produk lainnya (Sa'diyah, et al., 2023). Dalam penelitian ini, asap cair digunakan untuk menghentikan pertumbuhan mikroorganisme saat minuman susu fermentasi diinkubasi. Metode scratch cup digunakan selama proses inkubasi, dengan tiga pengamatan terpisah yang dilakukan selama 24 jam .

Tabel 2. Hasil Inkubasi Minuman Fermentasi dengan dan tanpa Asap Cair

Variabel	Hasil Inkubasi		
	Hari ke-1	Hari ke-2	Hari ke-3
Blangko	 Tidak tumbuh bakteri	 Tidak tumbuh bakteri	 Tidak tumbuh bakteri
Tanpa Asap Cair	 16 koloni bakteri	 63 koloni bakteri	 79 koloni bakteri
Asap Cair dari Serbuk Kayu	 Tidak tumbuh bakteri	 Tidak tumbuh bakteri	 Tidak tumbuh bakteri
Asap Cair dari Sekam padi	 Tidak tumbuh bakteri	 Tidak tumbuh bakteri	 Tidak tumbuh bakteri
Asap Cair dari Sabut Kelapa	 Tidak tumbuh bakteri	 Tidak tumbuh bakteri	 Tidak tumbuh bakteri

Tabel 2 menunjukkan bahwa pada hari ke-3, sampel kontrol tidak menunjukkan adanya pertumbuhan mikroorganisme selama periode inkubasi. Pada hari pertama inkubasi, sampel yang tidak diinkubasi dengan asap cair menunjukkan perkembangan mikroba, dengan total 16 koloni bakteri terbentuk. Jumlah ini meningkat menjadi 63 koloni bakteri pada hari kedua dan 79 koloni bakteri pada hari terakhir inkubasi. Sebaliknya, sampel yang diinkubasi dengan asap cair tidak menunjukkan adanya pertumbuhan bakteri. Hal ini menegaskan bahwa asap cair yang dihasilkan memiliki sifat antibakteri dan mampu menghambat pertumbuhan mikroorganisme. Biomassa ini memiliki potensi untuk menghasilkan asap cair yang dapat digunakan sebagai bahan pengawet. Konsentrasi fenol dalam asap cair memiliki kemampuan untuk menempel pada membran lipid mikroorganisme. Senyawa fenol bertindak sebagai antibakteri dengan cara memecah

peptidoglikan pada dinding sel mikroba, yang menghambat pertumbuhan mikroorganisme secara normal. Selain itu, gugus hidroksil (OH) pada gugus fenol menunjukkan sifat toksis yang tinggi terhadap mikroba (Hidayah, et al., 2017).

SIMPULAN

Sekam padi, serbuk gergaji, dan asap cair dari sabut kelapa yang berbeda menunjukkan variasi dalam sifat seperti pH, kepadatan, dan warna. Proses pemurnian asap cair dapat dilakukan dengan lebih efektif menggunakan zeolit aktif dalam proses adsorpsi. Sesuai standar SNI 8985:2021, asap cair yang dihasilkan dalam penelitian ini memenuhi persyaratan untuk asap cair mentah berbahan lignoselulosa. Persyaratan tersebut mencakup pH sebesar 2, kepadatan antara 1,0072 hingga 1,0265 g/cm³, dan warna kuning hingga coklat. Kemampuan asap cair yang dihasilkan untuk berfungsi sebagai

antibakteri terbukti dengan kemampuannya menghambat pertumbuhan mikroba selama fermentasi minuman susu.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada seluruh tim penelitian di Jurusan Teknik

DAFTAR PUSTAKA

- Arumsari, A., Sa'diyah, K., 2021. Pengaruh Jenis Kayu Terhadap Kualitas Asap Cair. *Distilat: Jurnal Teknologi Separasi* 7, 104–111. <https://doi.org/10.33795/distilat.v7i2.188>
- Asnani, A., Ratnaningtyas, N.I., Suhermiyati, S., 2013. Analisis Hasil Delignifikasi Sekam Padi Yang Berpotensi Sebagai Bahan Baku Bioetanol. *Pengembangan Sumber Daya Pedesaan dan Kearifan Lokal Berkelanjutan III* 87–94. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.1323.4644>
- Badan Standardisasi Nasional (BSN), 2021. *Crude Asap Cair Lignoselulosa sebagai Bahan Baku (SNI 8985 : 2021)*. Bsn.Go.Id 1–24.
- Dewi, S.R., 2019. IDENTIFIKASI FORMALIN PADA MAKANAN MENGGUNAKAN EKSTRAK KULIT BUAH NAGA. *Jurnal Nasional Ilmu Kesehatan* 2, 45–51.
- Fachraniah, F., Fona, Z., Rahmi, Z., 2016. Peningkatan Kualitas Asap Cair Dengan Distilasi. *Jurnal Sains dan Teknologi Reaksi* 7, 1–11. <https://doi.org/10.30811/jstr.v7i1.133>
- Fauzan, F., Ikhwanus, M., 2017. Pemurnian Asap Cair Tempurung Kelapa Melalui Distilasi dan Filtrasi Menggunakan Zeolit dan Arang Aktif. *Prosiding Semnastek* 1–5.
- Grewal, A., Abbey, Lord, Gunupuru, L.R., 2018. Production, prospects and potential application of pyrolyneous acid in agriculture. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis* 135, 152–159. <https://doi.org/10.1016/j.jaap.2018.09.008>
- Handayani, I., Sa'diyah, K., 2022. Pengaruh Waktu Pirolisis Serbuk Gergaji Kayu Terhadap Hasil Asap Cair. *Distilat: Jurnal Teknologi Separasi* 8, 28–35. <https://doi.org/10.33795/distilat.v8i1.227>
- Hendra, D., K Waluyo, T., Sokanandi, A., 2014. KARAKTERISASI DAN PEMANFAATAN ASAP CAIR DARI TEMPURUNG BUAH BINTARO (*Carbera manghas* Linn.) SEBAGAI KOAGULAN GETAH KARET. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan* 32, 27–35. <https://doi.org/10.20886/jphh.2014.32.1.27-35>
- Hidayah, N., Mustikaningtyas, D., Bintari, H., 2017. Aktivitas Antibakteri Infusa *Simplisia Sargassum muticum* terhadap Pertumbuhan *Staphylococcus aureus*. *Life Science* 6, 49–54.
- Huang, Y., Zhou, Y., Liu, Y., Wan, J., Hu, P., Liu, L., 2023. *Food Chemistry : X Effects of tea branch liquid smoke on oxidation and structure of myofibrillar protein derived from pork tenderloin during curing* 17. <https://doi.org/10.1016/j.fochx.2022.100544>
- Ince, C., Tayançlı, S., Derogar, S., 2021. Recycling waste wood in cement mortars towards the regeneration of sustainable environment. *Construction and Building Materials* 299, 123891. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.123891>
- Kondo, Y., Arsyad, M., 2018. Analisis Kandungan Lignin, Selulosa, dan Hemiselulosa Serat Sabut Kelapa Akibat Perlakuan Alkali. *INTEK: Jurnal Penelitian* 5, 94. <https://doi.org/10.31963/intek.v5i2.578>
- Li, Z., Zhang, L., Chen, G., Wu, L., Liu, B., Li, Y., Sun, S., Zhang, H., Zhang, Z., Wang, Z., 2018. A new method for comprehensive utilization of wood vinegar by distillation and liquid–liquid extraction. *Process Biochemistry* 75, 194–201. <https://doi.org/10.1016/j.procbio.2018.08.012>
- Maulinda, L., Za, N., Sari, D.N., Kimia, J.T., Teknik, F., Malikussaleh, U., 2015. Jurnal Teknologi Kimia Unimal Pemanfaatan Kulit Singkong sebagai Bahan Baku Karbon Aktif. *Jurnal Teknologi Kimia Unimal* 4, 11–19. <https://doi.org/https://doi.org/10.29103/jtku.v4i2.69>
- Megasari, R., 2020. Analisis Kandungan Kimia Asap Cair Dari Tempurung Dan Sabut Kelapa Dengan Metode Destilasi. *Journal Of Agritech Science (JASc)* 4, 61–68. <https://doi.org/10.30869/jasc.v4i2.577>
- Mulyawan, M., Setyowati, E., Widjaja, A., 2015. Surfaktan sodium ligno sulfonat (SLS) dari debu sabut kelapa. *Jurnal Teknik Its* 4, F1–F3.
- Mustafiah, Makhsud, A., Aladin, A., 2016. Pengaruh Suhu Terhadap Produksi Asap Cair dari Blending Limbah Biomassa Cangkang Sawit dengan Batubara secara Pirolisis. *Journal Of Chemical Process Engineering* 01, 1–8.
- Pamori, Riko. Efendi, Raswen. Restuhadi, F., 2015. Fume Characteristics Liquid Waste From The Pyrolysis Young Coconut Fiber. *SAGU* 14, 43–50.
- Parinduri, L., Parinduri, T., 2020. Konversi Biomassa Sebagai Sumber Energi Terbarukan. *Journal of Electrical Technology* 5, 88–92.
- Priatni, A., Fauziati, F., Adininingsih, Y., 2018.

- Pengaruh Proses dan Konsentrasi Asap Cair Cangkang Kelapa Sawit terhadap Sifat Fisik dan Cemaran Mikroba Rubber Sheet. *Jurnal Riset Teknologi Industri* 12, 107–117. <https://doi.org/10.26578/jrti.v12i2.3869>
- Putri, M.P., Effendy, S., Febriana, I., Studi, P., Energi, T., Kimia, J.T., Sriwijaya, P.N., 2022. Analisis Kinerja Unit Pirolisator Kondensor Ganda Guna Konversi Limbah Biomassa Menjadi Asap Cair Performance Analysis of Double Condenser Pyrolysis Unit for Conversion of Biomass Waste into Liquid Smoke 2, 447–452.
- Raihana, A., Firdausi, N., Safira, E., Saputri, D., Maulita, N.D., Maulana, M.A., 2022. Pengolahan Limbah Serbuk Kayu Jati Menjadi Asap Cair. *The Indonesian Green Technology Journal* 46–51. <https://doi.org/10.21776/ub.igtj.2022.011.02.01>
- Sa'diyah, K., Hendrawati, N., Putri, F.H., Wardani, M.E.K., 2019. Pembuatan Asap Cair Dari Pirolisis Serbuk Gergaji Kayu Jati Dan Aplikasinya Sebagai Pengawet Alami Tahu, in: *Prosiding Seminar Nasional Rekayasa Proses Industri Kimia*. pp. 3–5.
- Sa'diyah, K., Susanto, Witasari, W.S., Hendrawati, N., 2023. The making of adsorbents from teak sawdust through the pyrolysis process with the influence of NaOH activator concentration. *AIP Conference Proceedings* 2531. <https://doi.org/10.1063/5.0125814>
- Salindeho, N., Mamujaja, C.F., Pandey, E.V., 2017. Asap Cair Hasil Pirolisis Cangkang Pala dan Cangkang Kemiri, Pertama. ed. Unsrat Press, Manado.
- Sari, N.M., Faisal Mahdie, M., Segah, R., 2015. Rice Husk Charcoal Yield and Liquid Smoke Quality Charcoal Yiled and Liquid Smoke Quality of Paddy Husk. *Journal Hutan Tropis* 3, 260–266.
- Setiowati, R., Tirono, M., 2014. Pengaruh Variasi Tekanan Pengepresan Dan Komposisi Bahan Terhadap Sifat Fisis Briket Arang. *Jurnal Neutrino* 7, 23. <https://doi.org/10.18860/neu.v7i1.2636>
- Sulistijowati, R., Djunaedi, O.S., Nurhajati, J., Afrianto, E., Udin, Z., 2011. *Mekanisme Pengasapan Ikan*, Unpad Press.
- Susilwati, D., 2016. Kandungan Lignoselulosa Hasil Fermentasi Limbah Serbuk Gergaji Kayu dan Jerami Padi Menggunakan Inokulum Kotoran Kambing Dengan Variasi Lama Inkubasi, *Publikasi Ilmiah Biologi*.
- Tang, Q., Chen, Y., Yang, H., Liu, M., Xiao, H., Wang, S., Chen, H., Raza Naqvi, S., 2021. Machine learning prediction of pyrolytic gas yield and compositions with feature reduction methods: Effects of pyrolysis conditions and biomass characteristics. *Bioresource Technology* 339, 125581. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2021.125581>
- Trisanti, P.N., Setiawan H.P, S., Nura'ini, E., Sumarno, 2018. Gergaji kayu sengon melalui proses delignifikasi alkali ultrasonik. *Sains Materi Indonesia* 19, 113–119.
- Wilda, N., Pandebesie, E.S., 2015. Hidrolisis Eceng Gondok dan Sekam Padi untuk Menghasilkan Gula Reduksi sebagai Tahap Awal Produksi Bioetanol. *Jurnal Teknis Its* 4, 2–6.