

CHARACTERIZATION OF LIQUID SMOKE FROM CORN HUSK WASTE BY PYROLYSIS AND DISTILLATION METHOD

Lela Mukmilah Yuningsih*, Devi Indah Anwar, Nur Laila Arizal

Program Studi Kimia, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Muhammadiyah Sukabumi
Jl. R Syamsudin SH. No. 50, Cikole, Kota Sukabumi, Jawa Barat 43113, Indonesia.

*Email: lelathea@ummi.ac.id

Abstrak

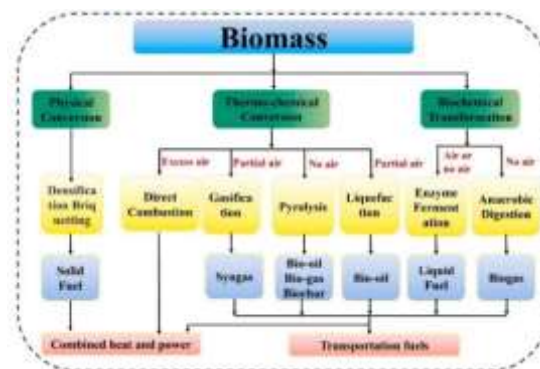
Asap cair merupakan cairan berwarna hitam maupun coklat berasal dari biomassa melalui proses pirolisis. Kulit jagung merupakan salah satu sumber limbah pertanian yang melimpah di Indonesia dan belum dimanfaatkan secara optimal. Kandungan selulosa yang dimiliki kulit jagung menjadikan kulit jagung memiliki potensi sebagai bahan pembuatan asap cair. Dengan memanfaatkan kulit jagung sebagai bahan baku asap cair, penelitian ini berpotensi mengurangi limbah pertanian dan mendukung upaya inovasi dalam pengelolaan sumber daya alam. Tujuan penelitian untuk mengetahui karakteristik asap cair yang dihasilkan dari proses pirolisis dan distilasi. Metode pirolisis pada suhu 75°C dan 115°C, di distilasi dengan suhu 80°C-100°C fraksi I, 101°C-125°C fraksi II, 126°C-150°C fraksi III, dan 151°C-180°C fraksi IV. Pengujian meliputi uji warna, nilai pH, asam asetat dan Fenol. Hasil pengujian asap cair terbaik hasil pirolisis pada suhu 115°C berwarna coklat, pH 2,96; asam asetat 3,8%; Fenol 0,1564%. Hasil distilasi berwarna kuning; pH fraksi I 3,11; fraksi II 3,04; fraksi III 2,98; fraksi IV 2,74; asam asetat fraksi I 1,6%; fraksi II 1,8%; fraksi III 1,9%; fraksi IV 2,2%; Fenol fraksi I 0,1867%; fraksi II 0,1905%; fraksi III 0,2558%; fraksi IV 0,2586%. Karakteristik hasil pirolisis dan distilasi memenuhi SNI 8985:2021 dan masuk kategori grade 2.

Kata kunci: Asap cair, distilasi, kulit jagung, pirolisis, Fenol.

1. PENDAHULUAN

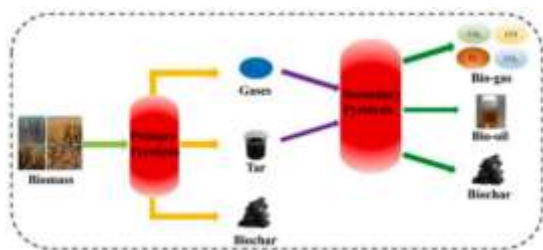
Kulit jagung merupakan salah satu sumber limbah pertanian yang melimpah di Indonesia dan sering kali tidak dimanfaatkan secara optimal. Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik (BPS), Indonesia menghasilkan lebih dari 15 juta ton jagung per tahun, dengan kulit jagung sebagai salah satu hasil sampingan utama yang belum dikelola secara optimal (BPS, 2024).

Kulit jagung termasuk salah satu biomassa lignoselulosa terbarukan yang menggantikan bahan kimia yang berasal dari minyak bumi. Hingga kini terdapat tiga metode untuk memanfaatkan biomassa, yaitu metode konversi fisik, transformasi biokimia, dan konversi termokimia, seperti yang terlihat di dalam Gambar 1.



Gambar 1. Teknologi konversi dan pemanfaatan sumber daya biomassa (Cai et al., 2024)

Metode konversi termokimia salah satunya meliputi pirolisis. Pirolisis biomassa mengacu pada proses pemanasan dan degradasi bahan baku biomassa, khususnya biomassa lignoselulosa yang mana bisa menghasilkan tiga komponen di antaranya yaitu *bio-gas*, *biochar*, dan *bio-oil*, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2. Kulit jagung memiliki komposisi kimia di antaranya yaitu selulosa 44,08%, lignin 15%, alkohol-sikloheksana 4,57%, dan abu 5,09% (Prasetyawati and Suparti, 2015), dengan kandungan selulosa yang cukup tinggi dari kulit jagung sehingga kulit jagung berpotensi digunakan menjadi bahan dalam pembuatan asap cair.



Gambar 2. Prinsip pirolisis biomassa (Cai et al., 2024)

Asap cair (*liquid smoke*) juga dikenal sebagai *bio-oil* yang didapat dari hasil pemanasan suhu tinggi tanpa udara yang berupa cairan berwarna cokelat (Lee et al., 2011). Kandungan dari asap cair hasil pirolisis di antaranya senyawa karbonil sejumlah 11,3%, asam asetat 10,2% dan Fenol sebesar 4,13% dan senyawa tersebut memiliki sifat antimikroba yang telah dibuktikan oleh penelitian sebelumnya bahwa asap cair bisa dimanfaatkan sebagai pengawet makanan, misalnya pada daging asap (Nursayang and Hardianti, 2023); (Oramahi et al., 2020) (Desvita et al., 2020), bakso (Korah, Assa and Koapaha, 2020), dan ikan (Anggraini and Yuniningsih, 2016). Sifat antimikroba bisa menahan aktivitas mikroba merusak dan pembusuk dalam bahan pangan sehingga mampu memperpanjang masa simpan bahan pangan tersebut. Selain sebagai antimikroba asap cair bisa memberi efek terhadap rasa, warna, dan wangi yang khas (Ginayati et al., 2015). Asap cair yang memiliki kandungan senyawa kimia telah dibuktikan oleh peneliti sebelumnya bahwa berpotensi untuk dijadikan sebagai koagulan lateks (Prasetyawati and Suparti, 2015), pestisida organik (Tuhuteru, Mahanani and Rumbiak, 2019), dan bahan baku pengawet (Dewi, Gani and Nazar, 2018). Asap cair telah dihasilkan dari beberapa biomassa seperti bambu (Diatmika, Kencana and Arda, 2019), tongkol jagung (Frida, Darnianti and Noviyunda, 2018), ampas tebu (Aziz, Slamet and Wibowo, 2022).

Proses pembakaran pirolisis merupakan rangkaian pemecahan yang dapat mengubah biomassa menjadi bahan kimia melalui proses pemanasan dengan tanpa adanya oksigen, mengubah bahan organik menjadi produk padat, cair, dan gas. Proses pembakaran pirolisis mempunyai beberapa tahapan yaitu tahapan pengeringan; terjadi pada suhu 200°C. Tahapan pirolisis pada

suhu 200-500°C dan tahapan evolusi gas terjadi pada suhu 500-200°C (Ridhuan, Irawan and Inthifawzi, 2019).

Kompleksitas struktur biomassa dan berbagai jalur reaksi pirolisis, ratusan senyawa organik terdapat dalam keluaran cairan kompleks yang secara kolektif disebut minyak pirolisis (atau bio-minyak), dan mengandung bahan kimia bernilai tambah yang rendah dengan penambahan katalis dapat meningkatkan nilai tambah dari hasil pirolisis (Yu et al., 2021). Beberapa metode pirolisis yang dapat dilakukan dalam pembuatan asap cair yaitu metode pirolisis cepat dan metode pirolisis lambat (Grewal, Abbey and Gunupuru, 2018). Pirolisis cepat adalah suatu proses biomassa dipanaskan dengan cepat hingga suhu 450-600°C dalam kondisi tidak ada udara. Laju pemanasan mencapai 100 °K/dt. Pada kondisi ini dihasilkan uap organik, gas pirolisis dan bioarang. Dengan cara ini, hingga 70% massa biomassa diubah menjadi *bio-oil*. Pirolisis lambat merupakan proses biomassa dipanaskan pada laju suhu yang lambat dalam *inert atmosphere* hingga suhu maksimum 300°C. Proses ini disebut dengan *mild pirolysis* yaitu penghilangan kandungan penghasil asap dan pembentukan produk yang solid. Hal ini menghasilkan *solid uniform product* yang mana kandungan airnya yang lebih rendah dan kandungan energi yang lebih tinggi dibandingkan dengan biomassa awal. Hasil yang diperoleh adalah produk sebesar $\pm 70\%$ dari massa awal dan 90% dari kandungan energi biomassa awal (Saparudin, Syahrul and Nurchayati, 2015).

Produksi asap cair di pengaruhi oleh beberapa faktor di antaranya; waktu pirolisis, suhu pirolisis, ukuran biomassa, jenis biomassa, dan kadar air biomassa pada proses pembuatan asap cair. Choi et al. (2015); Ngo, Kim and Kim (2013); Crespo et al. (2017); Akhtar and Saidina Amin (2012); Oramahi et al. (2020) menyatakan penyebab utama yang mempengaruhi produksi asap cair ialah ukuran partikel kayu dan suhu. Tar adalah hasil reaksi lignin pada suhu tinggi yang masih terkandung dalam Asap cair hasil pirolisis. Proses untuk menghilangkan kandungan tar yang memiliki sifat karsinogenik maka perlu dilakukan pemurnian dengan distilasi.

Distilasi adalah suatu cara pemisahan yang didasarkan pada kemudahan penguapan bahan. Metode fraksinasi asap cair adalah metode yang digunakan untuk distilasi asap cair. Proses

distilasi atau pemurnian asap cair dapat dilakukan pada suhu 100°C sampai 150°C (Darmadji, 2002). Menurut Gorbato et al (1971), dalam Darmadji (2002), Pemurnian asap cair mampu meniadakan senyawa-senyawa yang tidak diharapkan seperti hidrokarbon polisiklik aromatik dan senyawa tar. Dengan redistilasi asap cair, senyawa yang tidak diinginkan dan berbahaya seperti poliaromatik hidrokarbon (PAH) dan tar bisa dihilangkan oleh metode mengontrol suhu dididih untuk mendapatkan asap cair yang murni, terbebas dari tar dan benzopiren (Yulistiani, 2008), dengan adanya proses pemurnian, maka dari itu menurut Fauzan and Ikhwani (2017), asap cair dibagi menjadi 3 *grade*, yaitu:

1. Asap cair grade 3 digunakan dalam pengolahan karet dan pengawetan kayu agar tahan akan rayap.
2. Asap cair grade 2 ditujukan sebagai pengawet makanan dengan rasa asap.
3. Asap cair grade 1 digunakan sebagai pengawet makanan dengan kualitas yang paling bagus.

Berdasarkan Tabel 1. SNI 8985:2021 menjadi acuan untuk menentukan standar atau mutu asap cair agar bisa menjamin mutu produk asap cair yang dihasilkan.

Beberapa penelitian terkait pengaruh suhu distilasi terhadap asap cair telah dilakukan oleh (Darmadji, 2002) dan hasilnya optimasi redistilasi pada suhu 122,5°C, 69 menit waktu redistilasi kadar fenol, karbonil dan asam asetat berturut-turut: 2,24 %, 5,60 % dan 15,7 % serta rendemennya 42,2 %. Penelitian (Fachraniah, Fona and Rahmi, 2009), distilasi asap cair serbuk kayu gergaji dengan suhu bervariasi (101-125°C), (126-150°C) dan (151-200°C) yield tertinggi 62,5% konsentrasi asam asetat asetat rata-rata 2,29 (Widiya, Idris and Zultinir, 2013). Pada proses distilasi asap cair dari kulit durian, komposisi tertinggi yang diperoleh melalui pirolisis adalah asam asetat sebesar 54,17%. Hasil distilasi terhadap asap cair tersebut menghasilkan asap cair grade 1 pada suhu 125°C, grade 2, pada suhu 150°C dan grade 3 pada suhu 200°C. Suhu maksimal untuk menghasilkan asap cair grade 1 adalah 125°C dengan minimal waktu 30 menit. Kandungan asam asetat, karbonil dan fenol yang didapat sebesar 20,53%; 27,05%; dan 0% (Rinaldi, Alimuddin and Panggabean, 2015), distilasi asap cair dari kulit durian dengan suhu

150°C menghasilkan kadar asam asetat asetat sebesar 7,59 mg/L.

Tabel 1. Persyaratan mutu crude asap cair lignoselulosa (SNI 8985:2021)

Karakteristik	Satuan	Persyaratan	
		Mutu 1	Mutu 2
Warna	-	Kuning-cokelat	Kuning-cokelat
pH	-	1,50-2,75	2,76-4,50
Asam asetat	%	8,00-15,00	1,10-7,99
Fenol	%	Maksimu m 2,0	Maksimu m 2,0

Tujuan penelitian ini untuk mengetahui karakteristik asap cair yang dihasilkan dari proses pirolisis dan distilasi. Asap cair yang dihasilkan dari proses pirolisis dan distilasi mengacu pada standar SNI 8985:2021.

2. METODOLOGI

Alat-alat yang digunakan adalah peralatan pirolisis, peralatan distilasi, neraca analitik (*Ohaus Mettler*), pH-Meter Orion model 420A, oven, piknometer, viscometer, kertas saring dan blender. Bahan-bahan yang digunakan antara lain kulit jagung, Na₂SO₄ (Merck), KI (Merck), HCl pekat (Merck), NaCl (Merck), C₆H₅OH (Merck), CHCl₃ (Merck), K₂Cr₂O₇ (Merck), K₂HPO₄ (Merck), KH₂PO₄ (Merck), Larutan bromat-bromida, Indikator metil jingga (Merck), H₃PO₄ (Merck), Na₂S₂O₃ (Merck), Larutan indikator kanji, NaOH (Merck), Asam asetat oksalat (Merck), NH₄OH, H₂SO₄ (Merck), Larutan 4-aminoantipirin, Larutan kalium ferisianida (K₄Fe (CN)₆).

2.1 Preparasi Sampel

Kulit jagung yang sudah dibersihkan kemudian dibagi menjadi beberapa bagian kecil (2-3cm). Potongan kulit jagung tersebut kemudian dijemur di bawah sinar matahari selama 48 jam.

2.2 Proses Pirolisis

Kulit jagung yang sudah dikeringkan selanjutnya ditimbang sebanyak 20kg, selanjutnya dimasukkan ke tangki pirolisis yang terhubung dengan kondensor. Pirolisis dimulai pada suhu 75°C dan 115°C selama 2 jam. Hasil pirolisis berupa asap cair ditampung, kemudian disaring dan dianalisis.

2.3 Pemurnian Asap Cair

Asap cair yang di dihasilkan selama pirolisis didinginkan lalu disaring. Metode distilasi dilakukan untuk proses pemurnian berdasarkan pada ASTM D86 yaitu, pada reaktor batch dengan suhu maksimal 180°C. 100 mL asap cair dimasukan ke labu bunar kemudian dipanaskan dengan variasi suhu, yaitu 80°C-100°C fraksi I, 101°C–125°C fraksi II, 126°C-150°C fraksi III dan 151°C-180°C fraksi IV.

2.4 Analisis Karakterisasi

Kualitas asap cair hasil pirolisis dan distilasi dikarakterisasi berdasarkan standar (SNI 8985:2021) untuk uji warna, pH, asam asetat dan Fenol.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Proses Pirolisis

Proses pirolisis secara batch dengan suhu 75 °C dan 115 °C serta waktu pirolisis 2 jam digunakan untuk menghasilkan asap cair dari 20 kg bahan kulit jagung. Proses pirolisis suhu 75°C kondensat dari asap cair mulai dihasilkan pada suhu 40°C waktu 30 menit, hasil kondensat asap cairnya sebanyak 650 mL. Pirolisis pada suhu 115°C dihasilkan kondensat asap cair sebanyak 800 mL. Semakin tinggi suhu pirolisis maka jumlah asap cair yang dihasilkan juga semakin banyak, karena semakin tinggi suhu maka semakin cepat reaksi pirolisis maka semakin besar kemampuan dalam menguraikan senyawa organik yang terdapat pada kulit jagung. (Budaraga, Yulita and Yessirita, 2021) dan (Mustafiah, Makhsud and Aladin, 2016) menunjukkan pada penelitiannya bahwa suhu yang lebih tinggi memberikan hasil rendemen yang lebih tinggi karena degradasi senyawa lignin secara sempurna. Semakin banyak fraksi lignin maka rendemen semakin tinggi.

Menurut Oramahi et al (2020) suhu, ukuran partikel, jenis bahan baku dan komposisi sangat mempengaruhi nilai volue asap cair. Peningkatan jumlah asap cair ini disebabkan oleh pemecahan lignoselulosa dan juga reaksi disproporsionasi lignin sehingga menghasilkan senyawa volatil dengan berat molekul rendah yang menguap dan mengembut menjadi asap cair. Penurunan dekomposisi dibarengi dengan peningkatan CO, CO₂, H₂ dan gas lainnya. Sifat-sifat asap cair yang dihasilkan selama

pirolisis pada suhu 75°C dan 115°C ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil analisis nilai pH, kadar asam asetat, Fenol asap cair hasil pirolisis pada suhu 75°C dan 115°C

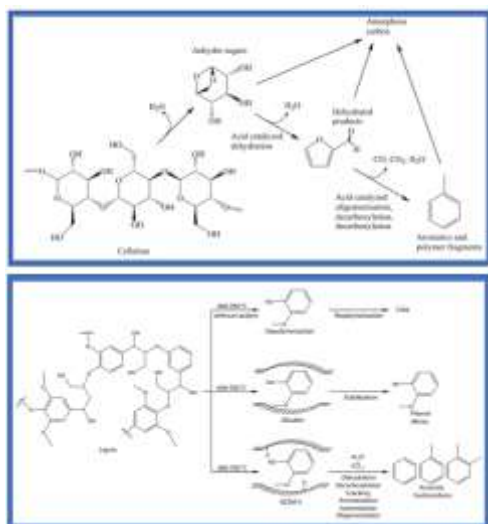
Kode Sampel	Warna	pH	Asam asetat (%)	Fenol (%)
Asap cair suhu 75°C	Coklat	3,3	3,3	0,1564
Asap Cair suhu 115°C	Coklat	3,6	3,8	0,3173

Berdasarkan Tabel 2. Semakin meningkatnya suhu pirolisis maka kandungan asam asetat dan fenol pada asap cair semakin meningkat, hal ini disebabkan kulit jagung mengandung selulosa, hemiselulosa dan lignin maka pada proses pirolisis terjadi degradasi yaitu lignin terdegradasi menjadi fenol dan hemiselulosa terdegradasi menjadi asam asetat (Fauziati et al., 2018). Lignin sangat stabil dan memiliki struktur yang kompleks sehingga sulit terdegradasi karena hanya terdegradasi pada suhu tinggi (Wibowo, 2012).

Peningkatan suhu pada saat proses pirolisis juga dapat menurunkan pH asap cair. Hal ini disebabkan suhu yang lebih tinggi menyebabkan konversi selulosa, hemiselulosa dan lignin yang lebih tinggi dalam bahan baku, sehingga menghasilkan lebih banyak produksi asam dan senyawa fenolik. Kandungan asam dan fenol yang tinggi pada asap cair menurunkan pH (Silva and Maulina, 2017). Senyawa fenolik umumnya mempunyai sifat asam, sehingga fenol mempengaruhi pH rendah karena senyawa fenolik dapat melepaskan ion H⁺. Mekanisme reaksi pirolisis selulosa dan lignin ditunjukkan pada Gambar 3.

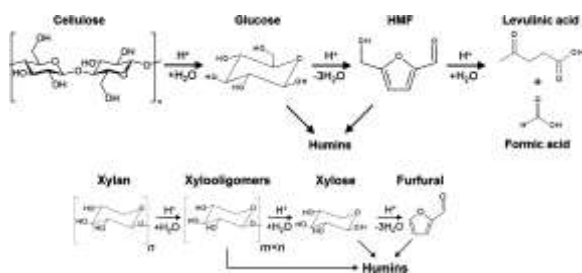
Pada pirolisis, selulosa akan dihidrolisis dan diproduksi glukosa dan reaksi selanjutnya menghasilkan asam asetat asetat. Substituen asetil dapat mewakili lebih dari 10% berat hemiselulosa, fragmentasi gugus ini menghasilkan asam asetat asetat (Yu et al., 2021).

Kadar asam asetat dipengaruhi oleh suhu pirolisis. Semakin tinggi suhu, semakin tinggi konsentrasi asam asetat yang dihasilkan. Reaksi hidrolisis selulosa dan hemiselulosa ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 3. Mekanisme reaksi pirolisis selulosa dan lignin (Yu et al., 2021)

Berbagai senyawa fenolik dapat diturunkan dari lignin dan digunakan sebagai pengganti fenol dalam produksi resin fenolik. Lignin, yang merupakan 10–25% berat biomassa, terurai pada suhu 280–500°C menjadi senyawa fenolik (Yu et al., 2021). Kandungan fenolik pada asap cair semakin meningkat seiring dengan bertambahnya waktu pirolisis. Hal ini disebabkan kandungan fenol pada cairan asap dihasilkan dari penguraian komponen lignin. Karena senyawa lignin merupakan zat berkayu, maka diperlukan waktu dan suhu yang lama untuk terurai. Lignin sangat stabil dan terdapat dalam berbagai bentuk, sehingga hanya terurai pada suhu tinggi.



Gambar 4. Reaksi hidrolisis selulosa dan hemiselulosa (Yu et al., 2021)

Semakin tinggi suhu pirolisis maka semakin tinggi pula kandungan fenol pada asap cair. Hal ini disebabkan senyawa fenolik mempunyai titik didih yang sangat tinggi yaitu 200 °C, lebih tinggi dibandingkan titik didih asam yaitu 100 °C. Keadaan ini mempengaruhi banyaknya senyawa fenolik yang terkondensasi

menjadi asap cair. Fenol diproduksi pada langkah ketiga pirolisis, yaitu pada saat pirolisis lignin yang terdiri dari unit fenilpropana, karena lignin memiliki berat molekul lebih tinggi, diperlukan lebih banyak panas untuk memecahnya dan menghasilkan fenol. Lignin mulai terurai pada suhu 280 °C -500 °C. Oleh karena itu, lignin terdegradasi lebih maksimum pada suhu tinggi dan membentuk fenol pada jumlah lebih banyak pada asap cair (Wijaya et al., 2008).

3.2 Pemurnian Asap Cair

Pemurnian asap cair menggunakan metode distilasi. Distilasi adalah proses pemisahan yang didasari pada perbedaan titik didih komponen yang akan dipisahkan, konsentrasi larutan dan juga pemurnian komponen cair (Guillén and Manzanos, 1996). Asap cair hasil pirolisis dimurnikan menggunakan metode distilasi dengan suhu yang divariasikan yaitu 80–100°C fraksi I, 101–125°C fraksi II, 126–150°C fraksi III dan 151–180°C fraksi IV. Pada proses distilasi ini memisahkan asap cair yang berwarna kecoklatan lalu diperoleh destilat yang berwarna kuning ditunjukkan pada Gambar 5. Perubahan warna ini disebabkan oleh fenol dan karbonil yang memiliki sifat pengawet tinggi terpisah dengan senyawa-senyawa karsinogenik seperti PAH dan tar. Hasil distilasi dengan empat fraksi ditunjukkan pada Tabel 3.



Gambar 5. Asap cair hasil pirolisis dan asap cair setelah distilasi

Tabel 3. Hasil analisis warna, nilai pH, kadar asam asetat, Fenol asap cair empat fraksi

Kode sampel		Warna	pH	Kadar asam asetat (%)		Fenol (%)
Suhu 75°C	Suhu 115°C					
Fraksi I (80-100 °C)	Fraksi I (80-100 °C)	Kuning	2,34	1,9	1,6	0,1537
Fraksi II	Fraksi II	Kuning	2,25	2,9	1,8	0,2274

(101-125°C) Fraksi	(101-125°C) Fraksi	Kuning	2,21	3,3	1,9	0,2844
(126-150°C) Fraksi IV	(126-150°C) Fraksi IV	Kuning	2,18	4,6	2,2	0,3014
(151-180°C)	(151-180°C)					

3.3 Karakterisasi Asap Cair

Asap cair hasil pirolisis dan distilasi dianalisis untuk mengetahui komposisi kimia yang terkandung pada asap cair. Analisis yang dilakukan yaitu warna, nilai pH, kadar asam asetat dan kadar Fenol berdasarkan SNI 8985:2021.

3.3.1 Warna

Warna pada asap cair disebabkan oleh bahan-bahan yang terkandung didalam bahan baku khususnya lignin (Jamilatun et al., 2016). Saat mengatur suhu distilasi fraksional asap cair, selain konsentrasi senyawa yang akan diperoleh, konsentrasi zat berbahaya seperti tar juga diperhitungkan. Warna pada proses pengasapan merupakan warna yang diperoleh langsung dari tar yang terdeposit pada permukaan. Warna asap cair meliputi di antaranya kuning keemasan hingga coklat gelap. ditunjukkan pada. Berdasarkan hasil pengujian pada Tabel 2 dan Tabel 3 kondensat hasil pirolisis yang belum dimurnikan berwarna coklat dan berubah menjadi kuning setelah proses pemurnian. Keadaan ini dipengaruhi oleh konsentrasi senyawa tar yang berwarna hitam dan komponen berat molekul tinggi, asap cair berwarna kuning yang terbentuk pada saat pemurnian memberikan warna asap cair yang menarik dan tidak gelap saat digunakan pada bahan pangan.

Warna asap cair secara signifikan dipengaruhi oleh suhu pirolisis yang memicu penguraian senyawa selulosa, hemiselulosa, dan lignin yang terkandung dalam bahan baku. Didukung dengan penelitian yang dilakukan (Wijaya et al., 2008) yang menemukan bahwa perubahan suhu mengakibatkan berubahnya warna pada asap cair. Peningkatan suhu pirolisis berkorelasi dengan semakin gelap warna asap cair yang dihasilkan. Pada penelitian Girard (1992) pandangan ini juga didukung, yang menjelaskan bahwa hemiselulosa, selulosa dan lignin yang terkandung dalam kayu terurai antara 200 °C dan 450 °C.

Berdasarkan hasil penelitian ini pengujian warna sesuai dengan (SNI 8985:2021) pada mutu 1 dan mutu 2.

3.3.2 Nilai pH

Nilai pH merupakan ukuran kualitas asap cair yang dihasilkan selama pirolisis. Tujuan menguji nilai pH asap cair adalah untuk mengetahui keasaman yang terkandung dalam asap cair yang dihasilkan selama proses pirolisis. Sebelum proses distilasi pH asap cair masih tinggi disebabkan masih banyak mengandung senyawa lain didalamnya seperti hidrokarbon polisiklik aromatik dan senyawa tar (Yulistiani, 2008). Sementara nilai pH yang dihasilkan setelah distilasi semakin menurun. Hal ini menunjukkan bahwa penurunan nilai pH akan meningkatkan kualitas asap cair, dan sebaliknya, pH yang lebih tinggi akan menurunkan kualitas asap cair. Pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh (Haji, Mas'ud and Pari, 2012) menyatakan bahwa nilai pH yang rendah menunjukkan kualitas yang baik khususnya sebagai antibakteri karena mempunyai kandungan zat ekstraktif yang tinggi. Dengan mengukur pH asap cair, derajat dekomposisi bahan baku yang digunakan dalam proses pirolisis juga dapat ditentukan.

Berdasarkan Tabel 2 dan Tabel 3, nilai pH asap cair dari pirolisis lebih tinggi dibandingkan dengan asap cair hasil pemurnian, hal ini menunjukkan kualitas asap cair hasil pemurnian lebih bagus dibandingkan asap cair hasil pirolisis. Hal ini disebabkan komponen asam asetat dipisahkan pada asap cair setelah distilasi berdasarkan titik didihnya. Terlihat pada tabel 3 bahwa fraksi IV mempunyai pH paling rendah dan fraksi I mempunyai pH paling tinggi. Asap cair yang dihasilkan pada saat distilasi adalah asap cair Fraksi IV > III > II > I.

Nilai pH berhubungan dengan kandungan total fenolik pada asap cair dan semakin tinggi kandungan total fenolik pada asap cair maka nilai pH akan semakin rendah (Haji, Mas'ud and Pari, 2012). Nilai pH yang rendah dipengaruhi oleh fenol karena senyawa fenolik biasanya berupa asam asetat karena dapat melepaskan ion H⁺.

3.3.3 Kadar Asam Asetat

Kadar asam asetat adalah jumlah total kandungan asam asetat yang terdapat pada asap cair. Asam asetat merupakan senyawa yang berperan sebagai antibakteri dan berkontribusi

terhadap cita rasa produk asap. Konsentrasi asam asetat yang tinggi dapat menghambat pertumbuhan mikroorganisme, hal ini terjadi karena mikroorganisme tidak dapat tumbuh dalam suasana asam asetat yang tinggi. Kualitas asap cair yang dihasilkan sangat dipengaruhi oleh senyawa kimia yaitu asam asetat. Kualitas asap cair ditingkatkan dengan asam asetat dan senyawa fenol yang terkandung dalam asap cair, karena senyawa fenol juga mempunyai sifat antimikroba (Diatmika, Kencana and Arda, 2019).

Berdasarkan Tabel 3 bahwa fraksi I mempunyai kadar asam asetat terendah, hal ini disebabkan kadar asam asetat pada asap cair masih sedikit menguap disebabkan belum mencapai titik didih. Sementara itu fraksi IV mempunyai kadar asam asetat tertinggi. Pandangan ini didukung oleh penelitian (Lombok et al., 2014) semakin rendah nilai pH maka semakin tinggi pula kadar asam asetat dalam asap cair. Semakin tinggi suhu pirolisis maka jumlah total asam asetat cenderung semakin menurun, peningkatan suhu pirolisis menyebabkan penurunan jumlah hemiselulosa yang menghasilkan asam asetat, karena hemiselulosa terurai (Padil and Andriyasih, 2008).

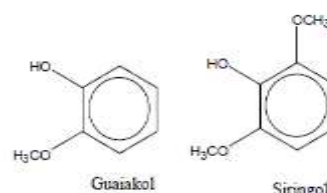
Meningkatnya kandungan asam total pada asap cair disebabkan oleh meningkatnya suhu distilasi sehingga semakin banyak mengandung asam. Nilai keasaman menunjukkan bahwa keasaman meningkat (menjadi lebih asam) seiring dengan meningkatnya suhu distilasi. Hal ini disebabkan adanya keseimbangan antara uap asam asetat cair dengan senyawa atau komponen lain pada cairan asap yang menyebabkan asam asetat menguap dan ditemukan distilat.

3.3.4 Kadar Fenol

Fenol merupakan senyawa antioksidan yang berperan sebagai pemberi cita rasa pada makanan dan memperpanjang umur simpan karena senyawa fenol mengandung gugus hidroksi mempunyai efek antibakteri dan antimikroba. Pada konsentrasi tertentu, fenol dapat merusak membran sitoplasma sehingga menyebabkan metabolit penting keluar dari membran sehingga menonaktifkan sistem enzim bakteri, sehingga bisa menghambat pertumbuhan bakteri bahkan menyebabkan kematian bakteri (Dewi, Gani and Nazar, 2018).

Senyawa fenol penting dalam produk pengasapan, karena dapat menghambat

pembusukan makanan dengan melepaskan hidrogen, sehingga secara efektif dalam menghambat autooksidasi lemak dalam jumlah yang sangat kecil, dengan demikian bisa mengurangi kerusakan makanan akibat oksidasi lemak oleh oksigen lalu bisa mencegah oksidasi lipida dengan menstabilkan radikal bebas sehingga secara efektif dapat mencegah hilangnya cita rasa dan aroma yang diakibatkan oleh oksidasi lemak (Dewi, Gani and Nazar, 2018). Jenis fenol yang biasa ditemukan pada produk asapan antara lain guaiakol dan siringol.



Gambar 6. Senyawa Fenol

Pada Tabel 3. dapat dilihat bahwa kandungan fenol terendah terdapat pada fraksi IV dan tertinggi pada fraksi I. Asap cair yang diperoleh dari hasil distilasi dengan urutan kadar fenolnya menurun adalah Fraksi IV > III > II > I. Total Jumlah total fenol yang dihasilkan sebanding dengan nilai pH asap cair, semakin tinggi kandungan fenol maka semakin asam asap cair yang dihasilkan dan semakin rendah nilai pH asap cair (Haji, Mas'ud and Pari, 2012). Tingginya kandungan total fenol pada fraksi IV menunjukkan pada dekomposisi lignin dapat menghasilkan fenol pada suhu tersebut, tahap degradasi lignin mampu menghasilkan fenol.

Peningkatan suhu distilasi asap cair yang tinggi mempengaruhi komposisi (% luas) fenol yang dihasilkan. Pasalnya, senyawa fenolik yang merupakan penyusun utama asap cair memiliki titik didih yang tinggi. Hal ini menurut Noor et al. (2014), di mana peningkatan suhu distilasi akan meningkatkan konsentrasi fenol. Titik didih senyawa fenol berada pada suhu 181,8 °C.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian karakteristik asap cair terbaik hasil pirolisis pada suhu 115°C berwarna coklat, pH 2,96; asam asetat 3,8%; Fenol 0,1564%. Hasil distilasi berwarna kuning; pH fraksi I 3,11; fraksi II 3,04; fraksi III 2,98; fraksi IV 2,74; asam asetat fraksi I

1,6%; fraksi II 1,8%; fraksi III 1,9%; fraksi IV 2,2%; Fenol fraksi I 0,1867%; fraksi II 0,1905%; fraksi III 0,2558%; fraksi IV 0,2586%. Karakteristik hasil pirolisis dan distilasi memenuhi SNI 8985:2021 dan masuk kategori grade 2.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis ucapkan terima kasih kepada Universitas Muhammadiyah Sukabumi sudah mendanai Penelitian Hibah kompetitif Internal dengan Surat Tugas No: 152/TGS/IV.1/I/2023.

DAFTAR PUSTAKA

- Akhtar, J. and Saidina Amin, N. (2012). A review on operating parameters for optimum liquid oil yield in biomass pyrolysis. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(7), pp.5101–5109.
- Anggraini, S.P.A. and Yuniningsih, S. (2016). Optimalisasi Penggunaan Asap Cair Dari Tempurung Kelapa sebagai Pengawet Alami Pada Ikan Segar. *Jurnal Reka Buana*, 2(1), pp.11–18.
- Aziz, R.T., Slamet, S. and Wibowo, R. (2022). Karakterisasi Biomassa Ampas Tebu (Bagasse) sebagai Bahan Produksi Gas Asap Cair Melalui Metode Pirolisis.
- Badan Pusat Statistik (BPS). (2024). Statistik Produksi Jagung 2024.
- Badan Standarisasi Nasional. SNI 8985-2021. Crude Asap Cair Lignoselulosa Sebagai Bahan Baku. Badan Standarisasi Nasional: Jakarta.
- Budaraga, I.K., Yulita, N. and Yessirita, N. (2021). Antibacterial study of cocoa skin liquid smoke in raw milk. In: *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. IOP Publishing Ltd.
- Cai, J., Lin, N., Li, Y., Xue, J., Li, F., Wei, L., Yu, M., Zha, X. and Li, W. (2024). Research on the application of catalytic materials in biomass pyrolysis. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 177.
- Choi, G.G., Oh, S.J., Lee, S.J. and Kim, J.S. (2015). Production of bio-based phenolic resin and activated carbon from bio-oil and biochar derived from fast pyrolysis of palm kernel shells. *Bioresource Technology*, 178, pp.99–107.
- Crespo, Y.A., Naranjo, R.A., Quitana, Y.G., Sanchez, C.G. and Sanchez, E.M.S. (2017). Optimisation and characterisation of bio-oil produced by *Acacia mangium* Willd wood pyrolysis. *Wood Science and Technology*, 51(5), pp.1155–1171.
- Darmadji, P. (2002). Optimasi Pemurnian Asap Cair dengan Metoda Redistilasi.
- Desvita, H., Faisal, M., Mahidin and Suhendrayatna. (2020). Preservation of meatballs with edible coating of chitosan dissolved in rice hull-based liquid smoke. *Heliyon*, 6(10).
- Dewi, J., Gani, A. and Nazar, M. (2018). Analisis Kualitas Asap Cair Tempurung Kelapa dan Ampas Tebu sebagai Bahan Pengawet Alami pada Tahu. *Jurnal IPA & Pembelajaran IPA*, 2(2), pp.106–112.
- Diatmika, I.G.N.A.Y.A., Kencana, P.K.D. and Arda, G. (2019). Karakteristik Asap Cair Batang Bambu Tabah (*Gigantochloa nigrociliata* BUSE-KURZ) yang Dipirolisis pada Suhu yang Berbeda. *Jurnal BETA (Biosistem dan Teknik Pertanian)*, 7(2), p.271.
- Fachraniah, Fona, Z. and Rahmi, Z. (2009). Peningkatan Kualitas Asap Cair dengan Distilasi.
- Fauzan and Ikhwanus, M. (2017). Pemurnian Asap Cair Tempurung Kelapa Melalui Distilasi dan Filtrasi Menggunakan Zeolit dan Arang Aktif. *Seminar Nasional Sains dan Teknologi*, 2017, pp.1–5.
- Fauziati, A., Priatni, Y., Adiningsih, B., Riset, D., Standardisasi, I., Samarinda, J., Mt, H./, Bangeris, N. and 75124 Alamat, S. (2018). Pengaruh Berbagai Suhu Pirolisis Asap Cair dari Cangkang Sawit sebagai Bahan Penggumpal Lateks.

- Frida, E., Darnianti and Noviyunda. (2018). Pembuatan Asap Cair dari Limbah Tongkol Jagung dengan Metode Pirolisis yang Digunakan sebagai Pengawet pada Ikan.
- Ginayati, L., Faisal, M., Magister Teknik Kimia, P., Syiah Kuala, U., Banda Aceh, D., Teknik Kimia, J. and Aceh, B. (2015). Pemanfaatan Asap Cair dari Pirolisis Cangkag Kelapa Sawit sebagai Pengawet Alami Tahu.
- Girard, J.P. (1992) 'Technology of Meat and Meat Products'. New York: Ellis Horwood, pp. 162–201.
- Grewal, A., Abbey, Lord and Gunupuru, L.R. (2018). Production, prospects and potential application of pyrolygneous acid in agriculture. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 135, pp.152–159.
- Guillén, M.D. and Manzanos, M.J. (1996). Study of the components of a solid smoke flavouring preparation. *Food Chemistry*, 55(3), pp.251–257.
- Haji, A.G., Mas'ud, Z.A. and Pari, G. (2012). Identifikasi Senyawa Bioaktif Antifedant dari Asap Cair Hasil Pirolisis Sampah Organik Perkotaan. Available from: <https://www.researchgate.net/publication/277763436>.
- Jamilatun, S., Salamah, S., Aslihati, L., Eling Widya Suminar, D. and Dahlan Jl Soepomo, A. (2016). Pengaruh Perendaman Ikan Nila dengan Asap Cair (Liquid smoke) terhadap Daya Simpan.
- Korah, A.R.M., Assa, J.R. and Koapaha, T. (2020). Pemanfaatan Asap Cair Arang Tempurung sebagai Bahan Pengawet Pada Bakso Ikan Tuna. *Jurnal Teknologi Pertanian (Agricultural Technology Journal)*, 10(2), pp.129–138.
- Lee, SH., H'ng, PS., Lee, AN., Sajap, AS., Tey, BT, and Salmiah, U. (2011). Production of Wood Vinegar from Lignocellulosic Biomass and Their Effectiveness Against Biological Attacts, *J. Appl Sci*, 10 (20), pp. 2440–2446.
- Lombok, J.Z., Setiaji, B., Trisunaryanti, W. and Wijaya, K. (2014). Effect of Pyrolysis Suhue and Distilation on Character of Coconut Shell Liquid Smoke.
- Mustafiah, Makhsud, A. and 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(01).
- Ngo, T.A., Kim, J. and Kim, S.S. (2013). Fast pyrolysis of palm kernel cake using a fluidized bed reactor: Design of experiment and characteristics of bio-oil. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, 19(1), pp.137–143.
- Noor, E., Luditama, C., & Gustan, P. (2014). Isolation and Purification of Liquid Smoke from Coconut Shell and Husk by Pyrolysis and Distillation. *Prosiding Konferensi Nasional Kelapa*, 8, pp. 93–102.
- Nursayang, S. and Hardianti, H. (2023). Karakteristik Daging Sapi Bali yang Diberi Asap Cair dengan Lama Perendaman dan Lama Penyimpanan yang Berbeda. *Tarjih Tropical Livestock Journal*, 3(1), pp.40–47.
- Oramahi, H.A., Yoshimura, T., Rusmiyanto, E. and Kustiati. (2020). Optimization and characterization of wood vinegar produced by shorea laevis ridl wood pyrolysis. *Indonesian Journal of Chemistry*, 20(4), pp.825–832.
- Padil, S. and Andriyasih, T. (2008). Seminar nasional Teknik Kimia Oleo & Petrokimia Indonesia. , 2008, pp.1–7.
- Prasetyawati, D.P. and Suparti. (2015). Utilization of Cornhusk and Corncob (Zea mays) as Basic Materials for Making Art Paper With Addition Sodium Hydroxide (NaOH) and Natural Dyesspendidikan.

- Ridhuan, K., Irawan, D. and Inthifawzi, R. (2019). Proses Pembakaran Pirolisis dengan Jenis Biomassa dan Karakteristik Asap Cair yang Dihasilkan. *Jurnal Program Studi Teknik Mesin UM Metro*, 8(1), pp.69–78.
- Rinaldi, A., Alimuddin and Panggabean, A.S. (2015). Pemurnian Asap Cair dari Kulit Durian dengan Menggunakan Arang Aktif.
- Saparudin, Syahrul and Nurchayati. (2015). Pengaruh Variasi Suhu Pirolisis Terhadap Kadar Hasil dan Nilai Kalor Briket Campuran Sekam Padi-Kotoran Ayam. *Dinamika Teknik Mesin*, 5, pp.16–24.
- Silia, F. and Maulina, S. (2017). Pengaruh Suhu, Waktu, dan Kadar AIR pada Pirolisis Pelepah Kelapa Sawit.
- Tuhuteru, S., Mahanani, A.U. and Rumbiak, R.E.Y. (2019). Pembuatan Pestisida Nabati untuk Mengendalikan Hama dan Penyakit Pada Tanaman Sayuran di Distrik Siepkosi Kabupaten Jayawijaya. Available from: <http://jurnal.unimed.ac.id/2012/index.php/jpkm/article/view/14806>.
- Wibowo, S. (2012). Karakteristik Asap Cair Tempurung Nyamplung. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, 3(3), pp.218–227.
- Widiya, Idral and Zultiniar. (2013). Pengaruh Suhu dan Waktu distilasi Terhadap Komposisi Kimia Asap Cair Dari Kulit.
- Wijaya, M., Noor, E., Irawadi, T.T. and Pari, D.G. (2008). Perubahan Suhu Pirolisis terhadap Struktur Kimia Asap Cair dari Serbuk Gergaji Kayu Pinus. *Perubahan Suhu Pirolisis terhadap Struktur Kimia Jurnal Ilmu dan Teknologi Hasil Hutan*, 1(2), pp.73–77.
- Yulistiani, R. (2008) 'Monograf Asap Cair Sebagai Bahan Pengawet Alami Pada Produk Daging dan Ikan'. Surabaya: UPN Veteran Jawa Timur, pp. 50–53
- Yu, I.K.M., Chen, H., Abeln, F., Auta, H., Fan, J., Budarin, V.L., Clark, J.H., Parsons, S., Chuck, C.J., Zhang, S., Luo, G. and Tsang, D.C.W. (2021). Chemicals from lignocellulosic biomass: A critical comparison between biochemical, microwave and thermochemical conversion methods. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 51(14), pp.1479–1532.