



Pengaruh Lama Waktu Pirolisis dan Rendemen Terhadap Produksi Asap Cair Grade 3 dari Kulit Buah Kakao

Sagita Puji Damayanti*, Charmelia Dwi Ardhana, Dinda Eka Febriani, Fabe
Satria Nagitara, Roup Bahtiar

Piliteknik Negeri Jember, Jember, Indonesia

*Penulis Korespondensi: taagit273@gmail.com

ARTIKEL INFO Dikirim: 02 Februari 2026 Diterima: 30 April 2026 Diterbitkan: 30 April 2026

ABSTRAK

Pendahuluan. Kulit buah kakao merupakan limbah perkebunan yang jumlahnya melimpah, namun pemanfaatannya masih terbatas, sehingga berpotensi menimbulkan permasalahan lingkungan. Kandungan lignoselulosa pada kulit buah kakao menjadikannya berpotensi untuk dikonversi menjadi produk bernilai tambah, salah satunya asap cair melalui proses pirolisis. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji lama waktu pembentukan dan rendemen asap cair grade 3 yang dihasilkan dari kulit buah kakao.

Metode Pengumpulan Data. Penelitian dilakukan melalui proses pirolisis sistem tertutup. Bahan baku yang digunakan berupa kulit buah kakao sebanyak 17 kg dan dilakukan pirolisis menggunakan tabung reaktor pirolisis. Data yang dikumpulkan meliputi lama waktu pirolisis dan rendemen asap cair grade 3 yang dihasilkan.

Hasil dan Diskusi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa lama waktu pirolisis sebesar 808,75 menit dan rendemen asap cair grade 3 yang dihasilkan juga menunjukkan beberapa variasi, dengan nilai rata-rata sebesar 23,97%.

Simpulan. Penelitian ini menunjukkan bahwa kulit buah kakao berpotensi dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan asap cair grade 3 melalui proses pirolisis. Lama waktu pirolisis berpengaruh terhadap pembentukan dan rendemen asap cair yang dihasilkan, sehingga menjadi faktor penting dalam efisiensi konversi biomassa.

Kata kunci:

*Asap Cair, Grade 3,
Pirolisis*

ABSTRACT

Introduction. Cocoa pod husk are an abundant plantation waste, but their utilization is still limited, potentially causing environmental problems. The lignocellulose content of cocoa pod husks makes them potentially

Keywords:

*Liquid Smoke, Grade 3,
Pyrolysis*

suitable for conversion into value-added products, one of which is liquid smoke, through the pyrolysis process. This study aims to assess the formation time and yield of grade 3 liquid smoke produced from cocoa pod husks.

Data Collection Method. *The study was conducted using a closed-system pyrolysis process. The raw material used was 17 kg of cocoa pod husks, which were pyrolyzed using a pyrolysis reactor tube. Data collected included the pyrolysis time and the yield of grade 3 liquid smoke produced.*

Results and Discussion. *The results showed that the pyrolysis time was 808.75 minutes, and the yield of grade 3 liquid smoke also showed some variation, with an average value of 23.97%.*

Conclusion. *This study demonstrates that cocoa pod husks have the potential to be used as a raw material for producing grade 3 liquid smoke through the pyrolysis process. The length of pyrolysis time affects the formation and yield of liquid smoke produced, thus becoming an important factor in biomass conversion efficiency.*

PENDAHULUAN

Limbah perkebunan kakao terdiri dari berbagai jenis, antara lain kulit buah kakao, pulp (lendir buah), kulit biji, serta sisa daun dan ranting dari hasil pemangkasan. Di antara berbagai jenis limbah tersebut, kulit buah kakao merupakan limbah yang dihasilkan dalam jumlah paling besar dan hingga saat ini belum dimanfaatkan secara optimal. Kulit buah kakao merupakan limbah pada proses pascapanen kakao yang mencapai 70%-80% dari bobot total buah (Meza-Sepulveda et al., 2025), apabila dikelola secara konvensional berpotensi menimbulkan permasalahan lingkungan. Namun demikian, kulit buah kakao merupakan biomassa lignoselulosa yang tersusun atas selulosa, hemiselulosa, dan lignin, sehingga berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai bahan baku produk yang bernilai tinggi.

Salah satu teknologi pemanfaatan biomassa lignoselulosa adalah pirolisis. Pirolisis merupakan metode yang efektif untuk mendaur ulang limbah organik, di mana biomassa yang terpapar suhu tinggi akan terurai menjadi karbon, tar, dan Liquid Volatile Matter (LVM) atau asap cair (Tripathi et al., 2016). Proses ini menghasilkan tiga fraksi utama, yaitu arang, gas, dan asap cair. Ketiga fraksi tersebut memiliki potensi pemanfaatan yang berbeda. Arang umumnya dimanfaatkan sebagai bahan bakar padat atau biochar, sedangkan gas hasil pirolisis dapat digunakan sebagai sumber energi. Akan tetapi, penelitian ini difokuskan pada asap cair karena memiliki banyak manfaat, terutama dalam bidang pertanian.

Asap cair grade 3 merupakan kondensat awal yang terbentuk dari pendinginan uap pirolisis, yang dihasilkan langsung dari perubahan fase bahan baku padat menjadi cair tanpa melalui tahap pemurnian lanjutan. Pembentukan asap cair grade 3 sangat dipengaruhi oleh karakteristik bahan baku serta parameter proses pirolisis, terutama lama waktu pemanasan. Lama waktu proses berkaitan erat dengan laju degradasi komponen lignoselulosa dan jumlah uap pirolisis yang dihasilkan, sehingga dapat berpengaruh terhadap rendemen asap cair yang diperoleh. Rendemen menjadi indikator penting dalam menilai efisiensi konversi biomassa menjadi produk cair.

Kulit buah kakao memiliki karakteristik fisik dan kimia yang berbeda dengan biomassa perkebunan lainnya, sehingga berpotensi menghasilkan pola pembentukan asap cair yang berbeda, baik dari segi lama waktu terbentuknya kondensat maupun rendemen yang dihasilkan. Namun, informasi mengenai hubungan antara lama waktu dan rendemen asap cair grade 3 dari kulit buah kakao masih terbatas.

Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengkaji lama waktu pembentukan dan rendemen asap cair grade 3 yang dihasilkan dari kulit buah kakao melalui proses pirolisis. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi dasar dalam pengembangan pemanfaatan limbah kakao sebagai bahan baku asap cair serta mendukung pengelolaan limbah perkebunan yang lebih berkelanjutan.

TINJAUAN PUSTAKA

Kulit Buah Kakao

Kakao (*Theobroma cacao* L.) merupakan komoditas perkebunan penting yang menghasilkan limbah dalam jumlah besar, terutama kulit buah kakao. Kulit buah kakao mencapai sekitar 70–80% dari total bobot buah dan sebagian besar belum dimanfaatkan secara optimal, sehingga berpotensi menimbulkan permasalahan lingkungan.

Kulit buah kakao termasuk biomassa lignoselulosa yang tersusun atas selulosa, hemiselulosa, dan lignin. Menurut Wijaya.M dan Wiharto, (2017) kulit buah kakao mengandung hemiselulosa sebesar 21,06%, selulosa 20,15%, dan lignin 51,98%. Kandungan lignin yang relatif tinggi menunjukkan bahwa kulit buah kakao memiliki struktur yang kuat dan berpotensi dimanfaatkan sebagai bahan baku produk berbasis biomassa.

Selain itu, kulit buah kakao juga memiliki aktivitas biologis. Menurut Mulyatni et al., (2012), ekstrak konsentrat kulit buah kakao hibrida berpotensi sebagai bahan antibakteri terhadap *Escherichia coli*, *Bacillus subtilis*, dan *Staphylococcus aureus*. Potensi ini menunjukkan bahwa kulit buah kakao tidak hanya bernilai sebagai limbah biomassa, tetapi juga memiliki peluang pengembangan sebagai sumber antibakteri alami.

Asap Cair

Asap cair merupakan hasil kondensasi uap asap yang terbentuk dari proses pirolisis biomassa lignoselulosa. Asap cair mengandung berbagai senyawa kimia utama, antara lain asam organik (terutama asam asetat), senyawa fenol, dan senyawa karbonil, yang berasal dari dekomposisi selulosa, hemiselulosa, dan lignin selama pemanasan tanpa oksigen. Komposisi senyawa tersebut menyebabkan asap cair memiliki sifat asam, aroma khas asap, serta aktivitas antimikroba, sehingga berpotensi dimanfaatkan dalam berbagai bidang, baik pangan maupun nonpangan.

Menurut Reta. B.R, (2013), asap cair diklasifikasikan menjadi tiga mutu, yaitu grade 1, grade 2, dan grade 3, berdasarkan tingkat pemurnian dan kandungan tar di dalamnya. Asap cair grade 3 merupakan produk awal hasil pirolisis yang belum melalui proses pemurnian atau distilasi, sehingga masih mengandung tar dan senyawa Polisiklik Aromatik Hidrokarbon (PAH) dalam jumlah relatif tinggi. Secara fisik, asap cair grade 3 berwarna cokelat kehitaman, dan beraroma asap sangat tajam. Hal tersebut diperkuat dari hasil penelitian Al Farizi dan Sa'diyah, (2021) bahwa asap cair grade 3 memiliki tingkat kepekatan warna yang tinggi, yaitu sebesar 83%. Tingginya kepekatan warna

tersebut dikarenakan masih ada kandungan zat pengotor berupa tar yang berwarna gelap.

Meskipun belum dimurnikan, asap cair grade 3 memiliki potensi pemanfaatan yang cukup besar, khususnya di bidang pertanian. Kandungan asam organik dan senyawa fenol di dalamnya berperan sebagai antimikroba yang dapat dimanfaatkan sebagai pestisida nabati dan fungisida untuk mengendalikan hama serta penyakit pada tanaman. Hal ini didukung oleh penelitian Isa et al., (2019) yang menyatakan bahwa penggunaan asap cair grade 3 pada konsentrasi 7% mampu menyebabkan mortalitas ulat grayak hingga 88,89%.

Pirolisis

Pirolisis merupakan tahapan utama dalam proses pembuatan asap cair dari biomassa lignoselulosa. Menurut Wijayanti et al., (2013) pirolisis adalah proses pemanasan suatu bahan tanpa adanya oksigen yang menyebabkan terjadinya penguraian komponen penyusunnya. Proses ini dapat diartikan sebagai penguraian tidak teratur bahan organik akibat pemanasan tanpa kontak dengan udara luar. Pengertian tersebut menunjukkan bahwa apabila biomassa dipanaskan pada suhu yang cukup tinggi dalam kondisi tertutup tanpa oksigen, maka akan terjadi penguraian termal terhadap senyawa penyusunnya.

Dalam proses pirolisis biomassa, komponen utama seperti selulosa, hemiselulosa, dan lignin akan terdegradasi menjadi senyawa volatil dan residu padat. Senyawa volatil yang terbentuk selanjutnya mengalami kondensasi dan menghasilkan asap cair, sedangkan residu padat berupa arang tertinggal di dalam reaktor. Asap cair yang dihasilkan mengandung berbagai senyawa kimia, antara lain asam organik, fenol, karbonil, dan senyawa volatil lainnya yang terbentuk akibat pemutusan ikatan kimia selama pemanasan.

Proses pirolisis biasanya berlangsung pada suhu menengah hingga tinggi, umumnya berkisar antara 300–500 °C, dengan kondisi minim oksigen. Perbedaan suhu, lama pirolisis, dan jenis bahan baku sangat mempengaruhi kuantitas serta kualitas asap cair yang dihasilkan.

METODE

Riset ini telah dilaksanakan pada bulan Mei 2024 – Juli 2025. Bertempat di Laboratorium Lapang Politeknik Negeri Jember. Alat yang digunakan pada riset ini adalah reaktor pirolisis, stopwatch, timbangan digital, jirigen, dan gelas ukur. Bahan yang digunakan pada riset ini adalah limbah kulit buah kakao.

Pembuatan asap cair grade 3 dilakukan dengan cara pirolisis biomassa dengan sistem tertutup. Tahapan awal yang dilakukan yaitu persiapan alat reaktor pirolisis yang terdiri dari drum pembakaran, pipa pengalir asap, dan drum pendingin. Drum pendingin diisi dengan air. Bahan baku limbah kulit buah kakao ditimbang sebanyak 17kg. Kemudian sebagian bahan baku dimasukkan ke dalam drum pembakaran bersamaan dengan bahan bakar berupa bonggol jagung sebanyak 500 g untuk memicu proses pembakaran. Setelah pembakaran berhasil dan api mulai mengecil, sisa bahan baku dimasukkan secara bertahap, kemudian drum pembakaran ditutup secara rapat. Selama proses pirolisis, bahan baku mengalami dekomposisi termal yang menghasilkan senyawa volatil dalam bentuk gas. Gas dari hasil pirolisis dialirkan melalui pipa menuju

kondensor yang berisi air, sehingga mengalami proses pendinginan dan pengembunan. Hasil kondensasi tersebut ditampung menjadi asap cair grade 3.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 1. Lama Waktu Pirolisis dan Rendemen Asap Cair Kulit Buah Kakao Grade 3

Ulangan	Parameter	
	Lama Waktu (Menit)	Rendemen (%)
1	763	23,53
2	794	17,65
3	839	29,41
4	839	25,29
Rata-rata	808,75	23,97

Lama Waktu Pirolisis (Menit)

Pengamatan parameter lama waktu dalam proses pirolisis asap cair grade 3 merupakan durasi atau rentang waktu yang dibutuhkan untuk menguraikan bahan baku padat berupa kulit buah kakao menjadi asap cair melalui proses pemanasan minim oksigen. Perhitungan lama waktu pirolisis dimulai setelah proses pembakaran sudah berhasil dan drum pembakaran ditutup secara rapat. Berdasarkan hasil penelitian pada Tabel 2, lama waktu proses pirolisis dalam pembuatan asap cair grade 3 dari kulit buah kakao menunjukkan adanya variasi pada setiap ulangan.

Tabel 2. Rendemen Asap Cair Kulit Buah Kakao Grade 3

Ulangan	Lama Waktu (Menit)
1	763
2	794
3	839
4	839
Rata-rata	808,75

Waktu pirolisis pada ulangan 1 tercatat selama 763 menit, ulangan 2 selama 794 menit, sedangkan ulangan 3 dan ulangan 4 membutuhkan waktu paling lama, yaitu masing-masing 839 menit. Rentang waktu pirolisis yang cukup lama ini menunjukkan bahwa proses penguraian kulit buah kakao berlangsung tidak seragam pada setiap ulangannya.

Perbedaan lama waktu pirolisis tersebut dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu suhu pemanasan, kadar air bahan baku, ukuran dan kepadatan partikel kulit buah kakao. Hal ini sejalan dengan penelitian Darmansyah et al., (2021), yang menunjukkan bahwa ukuran serbuk biomassa dan sifat fisik bahan seperti kekerasan kayu mempengaruhi proses pirolisis dan kualitas asap cair yang dihasilkan, di mana ukuran partikel yang lebih kecil menghasilkan hasil pirolisis yang berbeda dibandingkan dengan ukuran yang lebih besar karena mempengaruhi mekanisme penguraian selama proses pirolisis.

Secara keseluruhan, variasi waktu pirolisis pada setiap ulangan menunjukkan bahwa proses penguraian kulit buah kakao sangat dipengaruhi oleh kondisi operasional dan karakteristik bahan baku. Perbedaan waktu pirolisis pada setiap ulangan menunjukkan bahwa proses pemanasan dan penyebaran panas di dalam tabung reaktor belum merata, sehingga kecepatan penguraian kulit buah kakao berlangsung berbeda pada setiap ulangan.

Rendemen Asap Cair Kulit Buah Kakao Grade 3

Analisis rendemen asap cair dilakukan untuk mengetahui seberapa besar jumlah asap cair yang dihasilkan selama proses pirolisis. Rendemen dihitung dengan membandingkan berat asap cair yang diperoleh dengan berat bahan baku yang digunakan. Nilai rendemen ini dapat digunakan untuk menilai keberhasilan dan efisiensi proses pembuatan asap cair.

Tabel 1. Rendemen Asap Cair Kulit Buah Kakao Grade 3

Ulangan	Rendemen (%)
1	23,53
2	17,65
3	29,41
4	25,29
Rata-rata	23,97

Berdasarkan hasil perhitungan rendemen pada tabel 3, rendemen asap cair kulit buah kakao grade 3 menunjukkan variasi pada setiap ulangan. Rendemen tertinggi diperoleh pada ulangan 3 sebesar 29,41%, sedangkan rendemen terendah terdapat pada ulangan 2, yaitu sebesar 17,65%. Ulangan 1 dan ulangan 4 masing-masing menghasilkan rendemen sebesar 23,53% dan 25,29%. Dengan rerata rendemen asap cair grade 3 dari keempat kali ulangan sebesar 23,97%.

Perbedaan nilai rendemen antar ulangan menunjukkan bahwa proses pirolisis belum berlangsung secara seragam, yang kemungkinan dipengaruhi oleh kondisi saat pirolisis berlangsung seperti suhu pemanasan dan lama waktu proses pirolisis. Hal ini sejalan dengan penelitian Nurrassyidin et al., (2014) yang menyampaikan bahwa variasi temperatur dan waktu pirolisis kulit durian berpengaruh signifikan terhadap rendemen liquid smoke, di mana perubahan kondisi tersebut mempengaruhi jumlah produk (asap cair) yang dihasilkan. Rendemen yang lebih tinggi mengindikasikan bahwa proses penguraian biomassa berlangsung lebih optimal sehingga menghasilkan asap cair dalam jumlah lebih besar, sedangkan rendemen yang lebih rendah menunjukkan adanya kehilangan produk akibat pembakaran tidak sempurna atau penguapan senyawa volatil yang berlebihan.

SIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa kulit buah kakao berpotensi dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan asap cair grade 3 melalui proses pirolisis. Lama waktu pirolisis berpengaruh terhadap pembentukan dan rendemen asap cair yang dihasilkan, sehingga menjadi faktor penting dalam efisiensi konversi biomassa. Temuan ini menunjukkan bahwa pengaturan waktu pirolisis diperlukan untuk mengoptimalkan

pemanfaatan limbah kulit buah kakao, serta membuka peluang penelitian lanjutan terkait optimasi proses dan peningkatan kualitas asap cair.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Politeknik Negeri Jember serta seluruh pihak yang telah berkontribusi, memberikan dukungan, dan membantu kelancaran pelaksanaan penelitian ini sehingga dapat diselesaikan dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Al Farizi, N., & Sa'diyah, K. (2021). Pengaruh Jenis Dan Rasio Penambahan Adsorben Pada Pemurnian Asap Cair. *DISTILAT: Jurnal Teknologi Separasi*, 8(1), 18–27. <https://doi.org/10.33795/distilat.v8i1.293>
- Darmansyah, Khalid, A., Kasim, M., & Suprianto, T. (2021). *Pengaruh Ukuran Serbuk dan Kekerasan Kayu Terhadap Kualitas Syngas dari Pirolisis Biomassa*. 32(3), 167–186.
- Isa, I., Musa, W. J. A., & Rahman, S. W. (2019). *Pemanfaatan Asap Cair Tempurung Kelapa Sebagai Pestisida Organik Terhadap Mortalitas Ulat Grayak (Spodoptera Litura F.)*. 01(1), 15–20.
- Meza-Sepulveda, D. C., Hernandez-Urrea, C., Sanchez Rivera, J. P., & Agudelo Serna, L. D. (2025). Biocomposite film formulated with cellulose extracted from cocoa pod husk. *Cellulose*, 32(13), 7591–7602. <https://doi.org/10.1007/s10570-025-06642-4>
- Mulyatni, S. A., Budiandi, A., & Taniwiryo, D. (2012). Aktivitas antibakteri ekstrak kulit buah kakao (*Theobroma cacao* L.) terhadap *Escherichia coli*, *Bacillus subtilis*, dan *Staphylococcus aureus*. Antibacterial activity of cocoa pod husk extract (*Theobroma cacao* L.) against *Escherichia coli*, *Bacillus subtilis*, and *Stap*. *Menara Perkebunan 2012* 80(2), 77-84 *Aktivitas*, 80(2), 77–84.
- Nurrassyidin, Idral, & Zultiniar. (2014). *Pengaruh Variasi Temperatur dan Waktu Terhadap Rendemen Pirolisis Limbah Kulit Durian Menjadi Asap Cair*. 1–8.
- Reta. B.R. (2013). *PEMBUATAN ASAP CAIR DARI TEMPURUNG KELAPA, TONGKOL JAGUNG, DAN BAMBU MENGGUNAKAN PROSES SLOW PYROLYSIS JURNAL Oleh: KAROLUS BOROMEUS RETA (2008510007) PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS TRIBHUWANA TUNGGADEWI MALANG MALANG 2013*. 2008510007, 1–13.
- Tripathi, M., Sahu, J. N., & Ganesan, P. (2016). Effect of process parameters on production of biochar from biomass waste through pyrolysis: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 55, 467–481. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.10.122>
- Wijaya, M., & Wiharto, M. (2017). Characterization of Cacao Fruit Skin for Active Carbon and Green Chemicals. *JKPK (Jurnal Kimia Dan Pendidikan Kimia)*, 2(1),

66. <https://doi.org/10.20961/jkpk.v2i1.8520>

Wijayanti, W., Sasongko, M. N., Meidiana, C., & Yuliati, L. (2013). Metode Pirolisis Untuk Penanganan Sampah Perkotaan Sebagai Penghasil Bahan Bakar Alternatif. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 4(2), 85–92.