



Pemanfaatan Asap Cair Grade 2 dari Kulit Buah Kakao sebagai Biopestisida

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

Politeknik Negeri Jember, Jember dan Indonesia

*Penulis Korespondensi: dindafebriani245@gmail.com

ARTIKEL INFO Dikirim: 30 Januari 2026 Diterima: 30 April 2026 Diterbitkan: 30 April 2026

ABSTRAK

Pendahuluan. Kulit buah kakao merupakan limbah perkebunan yang dihasilkan dalam jumlah besar dan berpotensi menimbulkan permasalahan lingkungan apabila tidak dikelola dengan tepat. Salah satu upaya pemanfaatannya adalah pengolahan menjadi asap cair melalui proses pirolisis yang dilanjutkan dengan destilasi. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi lama waktu proses serta rendemen asap cair kulit buah kakao grade 2.

Metode Pengumpulan Data. Penelitian dilaksanakan pada bulan Mei hingga November 2025 di Laboratorium Lapang dan Laboratorium Bioenergi Politeknik Negeri Jember dengan metode deskriptif kuantitatif dan tiga kali ulangan. Proses pirolisis dilakukan pada suhu 300–400°C untuk menghasilkan asap cair grade 3, yang selanjutnya dilakukan pemurnian melalui destilasi pada suhu 104–150°C untuk menghasilkan asap cair grade 2. Parameter yang diamati meliputi durasi destilasi dan rendemen asap cair grade 2.

Hasil dan Diskusi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa rata-rata waktu destilasi asap cair kulit buah kakao grade 2 sebesar 81,33 menit dengan rendemen mencapai 82,33%. Nilai tersebut menunjukkan bahwa proses destilasi secara efektif dalam mempertahankan fraksi volatil hasil pirolisis, meskipun terjadi penurunan rendemen akibat pemisahan komponen berat. Selain itu, asap cair grade 2 yang dihasilkan mengandung senyawa aktif seperti asam organik dan fenol yang berkontribusi terhadap aktivitas antimikroba dan insektisida alami. Oleh karena itu, asap cair grade 2 memiliki potensi sebagai pestisida nabati (biopestisida) dalam pengendalian hama dan penyakit terhadap tanaman, serta sebagai pengawet non pangan karena kemampuannya dalam menghambat pertumbuhan mikroorganisme penyebab kerusakan.

Simpulan. Proses destilasi asap cair kulit buah kakao grade 2 menghasilkan lama waktu destilasi rata-rata

Kata kunci:

Asap cair, destilasi, kakao

sebesar 81,33 menit dengan rendemen rata-rata sebesar 82,33%. Kulit buah kakao memiliki potensi sebagai bahan baku pembuatan asap cair grade 2 serta pemanfaatan limbah perkebunan secara berkelanjutan.

ABSTRACT

Introduction. *Cocoa pod husks are a plantation waste product produced in large quantities and have the potential to cause environmental problems if not managed properly. One way to utilize them is by processing them into liquid smoke through pyrolysis followed by distillation. This study aims to evaluate the processing time and yield of grade 2 cocoa pod husk liquid smoke.*

Data Collection Methods. *The study was conducted from May to November 2025 at the Field Laboratory and Bioenergy Laboratory of Jember State Polytechnic using a quantitative descriptive method and three replications. The pyrolysis process was carried out at 300–400°C to produce grade 3 liquid smoke, which was then purified through distillation at 104–150°C to produce grade 2 liquid smoke. Parameters observed included distillation duration and grade 2 liquid smoke yield.*

Results and Discussion. *The results showed that the average distillation time for grade 2 cocoa pod husk liquid smoke was 81.33 minutes, with a yield of 82.33%. These values indicate that the distillation process effectively retained the volatile fractions from pyrolysis, despite a decrease in yield due to the separation of the heavy fractions.*

Conclusion. *Cocoa pod husks have the potential to be used as a raw material for producing grade 2 liquid smoke with relatively high efficiency and improved product quality after the purification stage.*

Keywords:

Grade 2 Liquid Smoke, Cocoa Pod Husk, Pyrolysis, Distillation

PENDAHULUAN

Kulit buah kakao (*cocoa pod husk*) merupakan limbah utama yang dihasilkan dari selama kegiatan budidaya dan pengolahan kakao. Proporsi limbah ini dapat mencapai lebih dari setengah total buah. Peningkatan produksi kakao diberbagai wilayah dilaporkan berkontribusi terhadap meningkatnya akumulasi limbah kulit buah kakao yang hingga saat ini belum dimanfaatkan secara optimal, sehingga berpotensi menimbulkan permasalahan lingkungan apabila dibiarkan tanpa pengelolaan yang tepat (Drink, 2021). Oleh karena itu, diperlukan upaya pemanfaatan limbah tersebut agar memiliki nilai guna dan nilai ekonomi yang lebih tinggi. Salah satu alternatif pemanfaatan yang saat ini banyak dikembangkan adalah pengolahan kulit buah kakao menjadi asap cair (Yanti dkk., 2025).

Asap cair (*liquid smoke*) merupakan cairan hasil proses pirolisis biomassa, yaitu pemanasan bahan organik pada suhu tinggi dengan oksigen terbatas, yang menyebabkan dekomposisi lignoselulosa menjadi fase uap yang selanjutnya dikondensasikan menjadi cairan. Asap cair mengandung berbagai senyawa organik, seperti asam organik, fenol, dan alkohol, yang berpotensi dimanfaatkan sebagai pengawet alami, antioksidan, dan agen

antimikroba (Mursalin dan Dayadi, 2025). Beberapa studi menunjukkan bahwa asap cair dari kulit buah kakao dapat diproduksi melalui proses pirolisis yang diikuti dengan tahap kondensasi dan pemurnian produk (Mursalin dan Dayadi, 2025).

Asap cair hasil pirolisis diklasifikasikan berdasarkan tingkat pemurnian menjadi beberapa grade, di mana asap cair grade 2 merupakan komponen dengan tingkat kemurnian menengah yang telah melalui proses destilasi asal sehingga bebas dari sebagian senyawa berat. Kandungan senyawa aktif seperti fenol dan asam organik menyebabkan asap cair grade 2 berpotensi dalam bidang pertanian sebagai biopestisida serta pengawet non pangan. Kemampuan dalam pertumbuhan mikroorganisme dan patogen menunjukkan bahwa asap cair grade 2 dapat menjadi alternatif teknologi yang ramah lingkungan dan mendukung sistem pertanian berkelanjutan.

Dalam proses produksi asap cair, terdapat beberapa parameter penting yang memengaruhi hasil, di antaranya lama waktu proses dan rendemen asap cair. Lama waktu pirolisis berpengaruh terhadap jumlah senyawa volatil yang terbentuk dan selanjutnya terkondensasi menjadi asap cair. Penelitian (Wijaya dkk., 2024), menunjukkan bahwa pengaturan waktu pirolisis yang tepat dapat meningkatkan jumlah asap cair yang dihasilkan, sedangkan waktu pemanasan yang terlalu singkat menghasilkan asap cair dalam jumlah yang relatif rendah, sedangkan waktu yang terlalu singkat atau terlalu lama dapat menurunkan efisiensi proses.

Rendemen asap cair merupakan parameter kuantitatif yang digunakan untuk menilai efisiensi konversi biomassa menjadi produk cair melalui proses pirolisis dan destilasi. Rendemen dinyatakan sebagai perbandingan antara massa asap cair yang dihasilkan dengan massa bahan baku awal. Variasi kondisi proses, termasuk tahapan pemurnian, berpengaruh terhadap nilai rendemen dan kualitas produk yang dihasilkan (Wijaya dkk., 2024).

Berdasarkan hasil (Mursalin dan Dayadi, 2025), rendemen asap cair dari kulit buah kakao bervariasi bergantung pada tahapan proses pemurnian, di mana asap cair grade 2 diperoleh dengan rendemen sekitar 7,85 % dari berat bahan awal. Nilai rendemen tersebut menunjukkan bahwa tahapan pirolisis dan destilasi lanjutan berperan penting dalam menentukan jumlah serta kualitas asap cair yang dihasilkan.

Beberapa penelitian telah membahas produksi asap cair dari kulit buah kakao, kajian yang secara khusus mengaitkan lama waktu proses dengan rendemen asap cair grade 2 masih terbatas. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh lama waktu proses destilasi dan rendemen asap cair kulit buah kakao grade 2 sebagai upaya pengembangan pemanfaatan limbah kakao yang lebih efisien dan berkelanjutan.

TINJAUAN PUSTAKA

Kulit buah kakao merupakan salah satu limbah perkebunan yang dihasilkan dalam jumlah besar selama proses pascapanen kakao. Proporsi kulit buah kakao dapat mencapai lebih dari setengah total berat buah, sehingga berpotensi menimbulkan permasalahan lingkungan apabila tidak dimanfaatkan secara optimal. Secara kimia, kulit buah kakao mengandung komponen lignoselulosa berupa selulosa, hemiselulosa, dan lignin yang berpotensi dikonversi menjadi produk bernilai tambah melalui proses termokimia, salah satunya pirolisis (Drink, 2021); (Wijaya dkk., 2024).

Pirolisis merupakan proses dekomposisi termal biomassa pada suhu tinggi dalam kondisi oksigen terbatas yang menghasilkan tiga fraksi utama, yaitu arang, gas, dan cairan pirolisis yang dikenal sebagai asap cair. Selama proses pirolisis, komponen lignoselulosa mengalami degradasi termal secara bertahap. Selulosa dan hemiselulosa terdekomposisi

pada rentang suhu menengah dan berkontribusi terhadap pembentukan senyawa volatil, sedangkan lignin terurai secara lebih lambat dan menghasilkan fraksi berat seperti tar (Ridhuan dkk., 2019a); (Novita dkk., 2021). Perbedaan karakteristik degradasi tersebut memengaruhi kuantitas dan kualitas asap cair yang dihasilkan.

Asap cair merupakan hasil kondensasi uap pirolisis yang mengandung berbagai senyawa organik, antara lain asam organik, fenol, dan senyawa karbonil. Berdasarkan tingkat pemurniannya, asap cair diklasifikasikan menjadi beberapa grade, yaitu grade 3 sebagai produk kasar, grade 2 sebagai fraksi dengan tingkat kemurnian menengah, dan grade 1 sebagai fraksi dengan tingkat kemurnian tinggi (Saputra dkk., 2020). Asap cair grade 3 umumnya masih mengandung senyawa berat dan tar, sehingga diperlukan proses pemurnian lanjutan untuk meningkatkan kualitasnya. Melalui proses destilasi, diperoleh asap cair grade 2 yang memiliki kandungan senyawa aktif yang lebih stabil serta tingkat kemurnian yang lebih baik dibandingkan grade 3. Dalam bidang pertanian, asap cair grade 2 berpotensi sebagai pestisida nabati (biopestisida) karena kandungan fenol dan asam organik yang berperan sebagai antimikroba dan antifungi, sehingga mampu menghambat perkembangan hama dan patogen terhadap tanaman. Selain itu, asap cair grade 2 dapat digunakan sebagai pengawet non pangan pada bahan organik pertanian, seperti kayu dan hasil panen, karena kemampuan dalam menekan aktivitas mikroorganisme pembusuk.

Pemurnian asap cair dilakukan melalui proses destilasi dengan memanfaatkan perbedaan titik didih senyawa penyusunnya. Destilasi bertujuan untuk memisahkan fraksi volatil dari senyawa berat yang tidak diinginkan, sehingga diperoleh asap cair grade 2 dengan karakteristik fisik dan kimia yang lebih baik. Lama waktu destilasi merupakan salah satu parameter penting yang menentukan efektivitas pemisahan senyawa volatil serta kestabilan produk yang dihasilkan (Handayani dan Sa'diyah, 2023).

Lama waktu proses destilasi berkaitan erat dengan rendemen asap cair yang dihasilkan. Waktu destilasi yang memadai memungkinkan sebagian besar senyawa volatil hasil pirolisis terkondensasi secara optimal menjadi fraksi cair. Namun demikian, proses pemurnian melalui destilasi umumnya menyebabkan penurunan rendemen dibandingkan produk awal akibat pemisahan fraksi berat dan senyawa non-volatil (Rosmainar dkk., 2020). Rendemen asap cair sering digunakan sebagai indikator efisiensi proses konversi biomassa, karena mencerminkan keberhasilan pirolisis dan destilasi dalam menghasilkan produk cair dengan kualitas yang diharapkan.

METODE

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Mei hingga November tahun 2025 di Laboratorium Lapang dan Laboratorium Bioenergi, Politeknik Negeri Jember.

Alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi satu set alat pirolisis yang terdiri atas wadah penampung, cup plastik, korek api dan stop kontak, serta satu set alat destilasi yang terdiri atas pipa T, labu bowling, kondensor, pipa L, erlenmeyer pyrex 200 ml, kompor, aerator, selang, gelas ukur (Herma) 250 ml, baskom tiang statis, dan thermometer alkohol 150°C, neraca analitik, piknometer 5 ml, pH meter digital, pH paper (MACHEREY-NAGEL 92110) dan timbangan digital, timbangan analitik, timbangan jarum 15 kg, dan parang. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah asap cair kulit buah kakao grade 2, gas portable, garam asam, sabun cuci piring, sikat dan air. Penelitian ini menggunakan rancangan deskriptif kuantitatif dengan satu jenis perlakuan, yaitu penggunaan asap cair kulit buah kakao grade 2. Pengamatan dilakukan sebanyak tiga kali ulangan. Data yang diperoleh dianalisis secara deskriptif menggunakan nilai rerata untuk

menggambarkan lama waktu proses dan rendemen asap cair grade 2, tanpa menggunakan analisis statistik inferensial.

Penelitian diawali dengan penyiapan kulit buah kakao sebagai bahan baku, yang terlebih dahulu dibersihkan dari kotoran, dipotong menjadi ukuran kecil, dan dikeringkan hingga mencapai kadar air sekitar $\pm 10\%$. Bahan yang telah dikeringkan kemudian dipirolisis pada suhu $300\text{--}400^\circ\text{C}$ dalam kondisi oksigen terbatas. Uap yang dihasilkan selama proses pirolisis dialirkan ke kondensor dan dikondensasikan menjadi asap cair grade 3.

Asap cair grade 3 selanjutnya dimurnikan melalui destilasi untuk menghasilkan asap cair grade 2. Sebanyak 250 ml asap cair grade 3 didestilasi pada suhu $104\text{--}150^\circ\text{C}$ menggunakan rangkaian alat destilasi. Uap destilat yang terbentuk dikondensasikan dan ditampung sebagai produk akhir, kemudian volume dan massa produk dicatat untuk keperluan analisis.

Penelitian ini mengamati dua variabel utama, yaitu lama waktu proses dan rendemen asap cair grade 2. Lama waktu proses ditentukan mulai dari awal pemanasan hingga destilasi berakhir dengan menggunakan stopwatch pada setiap ulangan, kemudian dihitung nilai rata-ratanya. Rendemen asap cair grade 2 dihitung sebagai persentase perbandingan antara berat produk yang dihasilkan dan berat awal bahan baku sesuai dengan metode AOAC (2019). Data yang diperoleh dari tiga kali ulangan dianalisis secara deskriptif kuantitatif dan disajikan dalam bentuk tabel untuk mempermudah penafsiran hasil penelitian.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Lama Waktu Asap Cair Grade 2 (menit)

Asap cair grade 2 merupakan fraksi dengan tingkat kemurnian menengah yang diperoleh melalui proses destilasi tahap pertama dari asap cair grade 3 hasil pirolisis biomassa. Fraksi ini diklasifikasikan sebagai salah satu tingkatan produk liquid smoke berdasarkan tahapan pemurnian dan karakteristik kualitasnya (Saputra dkk., 2020). Lama waktu pemrosesan asap cair grade 2 merupakan parameter yang menunjukkan durasi destilasi tahap pertama yang diperlukan untuk memperoleh fraksi tersebut secara optimal. Waktu pemrosesan ditentukan oleh lamanya pemanasan hingga senyawa volatil hasil pirolisis terpisah dan terkondensasi secara efektif.

Berdasarkan data pada Tabel 1, lama waktu destilasi asap cair grade 2 menunjukkan variasi antarulangan yang berkaitan dengan kestabilan suhu pemanasan dan laju kondensasi selama proses berlangsung. Perbedaan karakteristik termal biomassa, khususnya komposisi selulosa, hemiselulosa dan lignin berpengaruh terhadap pembentukan senyawa volatil serta kualitas asap cair yang dihasilkan selama proses pirolisis (Kimia dan Malang, 2022).

Tabel 1. Lama Waktu Asap Cair Kulit Buah Kakao Grade 2

Ulangan	Lama Waktu Destilasi (menit)
1	81,00
2	70,00
3	93,00
Rerata	81,33

Berdasarkan hasil penelitian, nilai rerata lama waktu destilasi sebesar 81,33 menit mengindikasikan bahwa proses destilasi berlangsung relatif stabil antarulangan. Menurut (Ridhuan dkk., 2019b), lama waktu proses pirolisis dan destilasi merupakan parameter

penting karena menentukan efektivitas pemisahan senyawa volatil dari fraksi berat, seperti tar, sehingga memengaruhi jumlah produk asap cair yang dihasilkan.

Kulit buah kakao mengandung komponen lignoselulosa berupa selulosa, hemiselulosa, dan lignin yang terdekomposisi secara bertahap selama proses pemanasan. Elhenawy dkk. (2024) menjelaskan bahwa pirolisis biomassa melibatkan degradasi termal komponen utama biomassa yang menghasilkan uap volatil, dan laju pelepasan fraksi volatil dapat berlangsung relatif stabil apabila parameter pemanasan dan waktu proses dikendalikan dengan baik. Dengan demikian, nilai rerata lama waktu destilasi sebesar 81,33 menit menunjukkan bahwa proses pemurnian asap cair grade 2 dari kulit buah kakao telah berlangsung secara efektif.

Kandungan senyawa aktif tersebut menunjukkan bahwa asap cair grade 2 tidak hanya penting dari aspek proses, tetapi juga memiliki potensi aplikasi. Senyawa fenol dan asam organik memiliki aktivitas antimikroba dan insektisida alami, sehingga dapat dimanfaatkan sebagai pestisida nabati (biopestisida) dalam pengendalian hama dan penyakit terhadap tanaman.

2. Rendemen (%)

Asap cair grade 2 merupakan fraksi dengan tingkat kemurnian menengah yang diperoleh melalui proses destilasi tahap pertama dari asap cair grade 3 hasil pirolisis biomassa, dan diklasifikasikan sebagai salah satu tingkatan produk liquid smoke berdasarkan tahapan pemurnian dan karakteristik kualitasnya (Saputra dkk., 2020). Fraksi ini memiliki kandungan senyawa aktif seperti asam organik dan fenol yang relatif lebih stabil, sehingga berpotensi dalam bidang pertanian. Asap cair grade 2 dapat digunakan sebagai pestisida nabati (biopestisida) karena sifat antimikroba dan antifungi mampu menghambat pertumbuhan hama dan patogen pada tanaman (Azizah dkk., 2025). Selain itu, asap cair grade 2 juga berpotensi sebagai pengawet non pangan pada bahan organik pertanian, seperti kayu, dan hasil panen. Pemanfaatan tersebut menunjukkan bahwa asap cair grade 2 kulit buah kakao memiliki nilai tambah dan mendukung penerapan teknologi pertanian yang ramah lingkungan. Rendemen asap cair grade 2 digunakan sebagai parameter yang menunjukkan efisiensi proses pirolisis yang dilanjutkan dengan destilasi tahap pertama dalam menghasilkan fraksi asap cair dengan tingkat kemurnian menengah. Rendemen dinyatakan sebagai perbandingan antara jumlah asap cair grade 2 yang dihasilkan dengan bahan baku awal atau asap cair grade 3 yang digunakan selama proses destilasi.

Berdasarkan data pada Tabel 2, rendemen asap cair grade 2 menunjukkan variasi antarulangan yang berkaitan dengan perbedaan sifat termal dan komposisi lignoselulosa biomassa. Selulosa berperan penting dalam pembentukan senyawa volatil karena mengalami depolimerisasi pada rentang suhu menengah (Sun dkk., 2022), sedangkan lignin terdegradasi secara bertahap pada rentang suhu yang lebih luas sehingga berpengaruh terhadap distribusi produk cair (Lu dan Gu, 2022).

Tabel 2. Rendemen Asap Cair Kulit Buah Kakao Grade 2

Ulangan	Rendemen (%)
1	86
2	82
3	79
Rerata	82,33

Rendemen asap cair grade 2 menunjukkan rerata 82,33%, yang mencerminkan tingkat efisiensi konversi biomassa menjadi produk asap cair. Nilai rendemen yang relatif

tinggi menunjukkan bahwa sebagian besar uap hasil pirolisis berhasil dikondensasikan selama proses destilasi. Menurut (Handayani dan Sa'diyah, 2023) menyatakan bahwa proses destilasi ulang asap cair kasar mampu menurunkan kandungan senyawa berat seperti tar tanpa menyebabkan penurunan rendemen yang signifikan, selama suhu dan lama waktu destilasi dikendalikan secara optimal.

Penurunan rendemen dibandingkan asap cair grade 3 merupakan kondisi yang wajar karena pada tahap destilasi terjadi pemisahan fraksi berat dan senyawa non-volatil. Rosmainar dkk. (2020) yang menyatakan bahwa proses pemurnian asap cair melalui destilasi dan filtrasi menyebabkan penurunan volume produk, namun berdampak positif terhadap peningkatan kualitas asap cair. Dengan demikian, rendemen asap cair grade 2 yang diperoleh dalam penelitian ini menunjukkan bahwa kulit buah kakao berpotensi sebagai bahan baku pembuatan asap cair dengan tingkat efisiensi yang cukup tinggi.

Selain mencerminkan efisien proses, nilai rendemen yang tinggi menunjukkan bahwa produk yang dihasilkan tersedia dalam jumlah yang memadai untuk berbagai aplikasi. Kandungan senyawa aktif seperti asam organik, fenol, dan karbonil yang relatif lebih murni menjadikan asap cair grade 2 berpotensi dimanfaatkan sebagai biopestisida. Senyawa fenolik berperan dalam merusak struktur sel mikroorganisme, sedangkan asam organik menyebabkan kondisi lingkungan yang kurang mendukung pertumbuhan patogen. Sifat tersebut menunjukkan bahwa asap cair grade 2 memiliki aktivitas antimikroba yang dapat dimanfaatkan dalam pengendalian organisme pengganggu tanaman.

Sifat antimikroba yang dimiliki juga mengandung pemanfaatan asap cair sebagai pengawet non pangan, seperti pada kayu, hasil pertanian, dan bahan organik lainnya. Kemampuan dalam menghambat pertumbuhan mikroorganisme berperan sebagai asap cair sebagai alternatif pengawet alami yang lebih ramah lingkungan dibandingkan bahan kimia sintesis. Oleh karena itu, kombinasi antara lama waktu destilasi yang optimal dan rendemen yang tinggi tidak hanya menunjukkan efisiensi proses produksi, tetapi juga memperkuat potensi asap cair grade 2 yang berasal dari kulit buah kakao sebagai produk fungsional bernilai tambah, khususnya sebagai biopestisida dan pengawet non pangan.

SIMPULAN

Proses destilasi asap cair kulit buah kakao grade 2 menghasilkan lama waktu destilasi rata-rata sebesar 81,33 menit dengan rendemen rata-rata sebesar 82,33%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa proses destilasi berlangsung secara efektif dalam mempertahankan sebagian besar senyawa volatil hasil pirolisis, meskipun terjadi penurunan rendemen dibandingkan asap cair grade 3 akibat pemisahan fraksi berat dan senyawa non-volatil. Lama waktu destilasi berperan penting dalam meningkatkan efisiensi proses pemurnian sehingga dihasilkan asap cair grade 2 dengan kualitas yang lebih baik. Oleh karena itu, kulit buah kakao memiliki potensi sebagai bahan baku pembuatan asap cair grade 2 serta pemanfaatan limbah perkebunan secara berkelanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

- Azizah, K., W. Shari, C. Banon, A. Avidlyandi, K. Wiradimafan, S. Y. S, M. Adfa, N. Sciences, K. Limun, U. Bengkulu, K. Limun, dan K. Bengkulu. 2025. *Jurnal biosilampari: jurnal biologi*. 7(2):98-114.
- Drink, R. H. 2021. *Article utilization of dry cocoa pod husks as an antioxidant- rich herbal drink*. 22(02):102-109.

- Elhenawy, Y., K. Fouad, A. Mansi, M. Bassyouni, M. Gadalla, dan F. Ashour. 2024. Experimental analysis and numerical simulation of biomass pyrolysis. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*. 149(19):10369–10383.
- Handayani, I. dan K. Sa'diyah. 2023. Pengaruh waktu pirolisis serbuk gergaji kayu terhadap hasil asap cair. *DISTILAT: Jurnal Teknologi Separasi*. 8(1):28–35.
- Kimia, J. T. dan P. N. Malang. 2022. Pengaruh berbagai jenis biomassa terhadap hasil asap cair pada proses pirolisis. 8(9):900–908.
- Lu, X. dan X. Gu. 2022. *Biotechnology for Biofuels A Review on Lignin Pyrolysis : Pyrolytic Behavior , Mechanism , and Relevant Upgrading for Improving Process Efficiency*. BioMed Central. *Biotechnology for Biofuels and Bioproducts*.
- Mursalin, K. dan I. Dayadi. 2025. Production and characterization of liquid smoke derived from agricultural wastes : candlenut shell , cocoa pod husk , and rubber seed shell. 3(10):1315–1324.
- Novita, S. A., S. Santosa, N. Nofialdi, A. Andasuryani, dan A. Fudholi. 2021. Artikel review: parameter operasional pirolisis biomassa. *Agroteknika*. 4(1):53–67.
- Ridhuan, K., D. Irawan, dan R. Inthifawzi. 2019a. Proses pembakaran pirolisis dengan jenis biomassa dan karakteristik asap cair yang dihasilkan. 8(1):69–78.
- Ridhuan, K., D. Irawan, dan R. Inthifawzi. 2019b. Pyrolysis combustion process with biomass type and characteristics of the liquid smoke produced. *Turbo*. 8(1):69–78.
- Rosmainar, L., A. N. Toemon, dan M. Dirgantara. 2020. Pemurnian asap cair hasil torefaksi cangkang sawit dengan cara destilasi dan filtrasi dengan arang aktif purification of liquid smoke from torrefaction of palm oil by distillation and filtration with activated charcoal. 2(2):61–64.
- Saputra, R. Y., M. Naswir, dan H. Suryadri. 2020. Perbandingan karakteristik asap cair pada berbagai grade dari pirolisis batubara. *Jurnal Engineering*. 2(2):96–108.
- Sun, T., L. Zhang, Y. Yang, Y. Li, S. Ren, L. Dong, dan T. Lei. 2022. Fast pyrolysis of cellulose and the effect of a catalyst on product distribution
- Wijaya, M., M. N. Alam, dan M. Wiharto. 2024. Characterization of liquid smoke and charcoal from cocoa pod husks (*theobroma cacao* L.) in north kolaka regency. 10(12):10417–10425.
- Yanti, N. A., M. Jahiding, dan F. H. Hamid. tanpa tahun. Pemanfaatan asap cair dari limbah kulit kakao sebagai antijamur pada benih tanaman kakao (*theobroma cacao* L.). 90–98.