



AGROMIX

Jurnal Ilmiah Fakultas Pertanian, Universitas Yudharta Pasuruan
pISSN (Print): 2085-241X; eISSN (Online): 2599-3003
Website: <https://jurnal.yudharta.ac.id/v2/index.php/agromix>

Pemanfaatan limbah tempurung kelapa untuk pembuatan asap cair menggunakan metode pirolisis

Utilization of coconut shell waste to make liquid smoke using the pyrolysis method

Evahelda^{1*}, Rufti Puji Astuti¹, Sitti Nurul Aini², Nurhadini³

¹ Jurusan Agribisnis, Fakultas Pertanian, Perikanan, dan Biologi, Universitas Bangka Belitung. Jl. Raya Balunijuk, Bangka 33215

² Jurusan Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Perikanan, dan Biologi, Universitas Bangka Belitung. Jl. Raya Balunijuk, Bangka 33215,

³ Jurusan Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Bangka Belitung. Jl. Raya Balunijuk, Bangka 33215,

*Email korespondensi: evaheldaubb@gmail.com

ABSTRACT

Article history

Received : June 10, 2022

Accepted : May 5, 2023

Published : September 30, 2023

Keyword

coconut shells; liquid smoke; pyrolysis; color

Introduction: In the Bangka Belitung Islands Province, the use of coconuts is currently limited to the fruit only. Whether consumed fresh (young coconut water and young fruit flesh), or processed as food (grated coconut and coconut milk), the coconut shell and husk have not been utilized optimally. Efforts to optimize coconut shells can be used as raw material for making liquid smoke. The aim of this research is to describe the process of making liquid smoke from coconut shell waste by utilizing the resulting shell waste and classifying liquid smoke based on its color. **Methods:** The process of making liquid smoke in this research is by utilizing solid coconut shell waste from coconut milk presses around campus, then processing it into liquid smoke, using a pyrolysis equipment (Grant from the Ministry of Research, Technology and Higher Education in 2009) at a temperature of 300°C for 8 hours. **Results:** The results of the research show that the liquid smoke produced is blackish brown in color with an L value, smaller than grades 2 and 1, while the a and b values are greater than grades 2 and 1, so it can be classified into grade 3. **Conclusion:** Liquid smoke Grade 3 cannot be used for food preservatives, because it still contains a lot of tar which is carcinogenic. The use of liquid smoke can only be used as a coagulant and odor remover in rubber processing because liquid smoke has anti-fungal and anti-bacterial properties, pesticides, wood and bamboo preservatives to make it resistant to termites.

ABSTRAK

Riwayat artikel

Dikirim : 10 Juni, 2022

Disetujui : 5 Mei, 2023

Diterbitkan : 30 September, 2023

Kata kunci

tempurung kelapa; asap cair; pirolisis; warna

Pendahuluan: Di Provinsi Kepulauan Bangka Belitung pemanfaatan kelapa sampai dengan saat ini terbatas hanya pada buahnya saja. Baik dikonsumsi segar (air kelapa muda dan daging buah muda), maupun diolah sebagai bahan pangan (kelapa parut dan santan), sedangkan tempurung kelapa dan sabutnya belum dimanfaatkan secara optimal. Upaya untuk mengoptimalkan tempurung kelapa dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan asap cair. Tujuan dari penelitian ini mendeskripsikan proses pembuatan asap cair dari limbah tempurung kelapa dengan memanfaatkan limbah tempurung hasil dan penggolongan (grade) asap cair berdasarkan warnanya. **Metode:** Proses pembuatan asap cair pada penelitian ini dengan memanfaatkan limbah padat tempurung kelapa dari tempat pemerasan santan yang ada di sekitar kampus, selanjutnya diolah menjadi asap cair, menggunakan alat pirolisis (Hibah dari Kemenristek Dikti tahun 2009) pada suhu 300°C selama 8 jam. **Hasil:** Hasil penelitian menunjukkan asap cair yang dihasilkan berwarna coklat kehitaman dengan nilai L, lebih kecil dari grade 2 dan 1, sedangkan nilai a dan b lebih besar dari pada grade 2 dan 1, sehingga dapat digolongkan ke dalam grade 3. **Kesimpulan:** Asap cair grade 3 tidak dapat digunakan untuk pengawet makanan, karena masih banyak mengandung tar yang bersifat karsinogenik. Penggunaan asap cair ini hanya dapat digunakan sebagai koagulan dan penghilang bau pada pengolahan karet karena asap cair bersifat sebagai anti jamur dan anti bakteri, pestisida, pengawet kayu dan bambu biar tahan terhadap rayap.

Sitasi: Evahelda, E., Astuti, R. P., Aini, S. N., & Nurhadini. (2023). Pemanfaatan limbah tempurung kelapa untuk pembuatan asap cair menggunakan metode pirolisis. *Agromix*, 14(2), 175-181. <https://doi.org/10.35891/agx.v14i2.3123>

PENDAHULUAN

Kelapa (*Cocos nucifera*) merupakan produk hasil pertanian yang memiliki nilai ekonomis tinggi dan banyak tumbuh di daerah pesisir (Subagio, 2010; Erawan dkk., 2018). Pemanfaatan kelapa tidak hanya terbatas pada buahnya saja, akan tetapi seluruh bagian dari tanaman kelapa dapat dimanfaatkan untuk memenuhi kebutuhan ekonomi, sosial dan

budaya (Subagio, 2010; Jumiati dkk., 2013). Diantaranya adalah berbagai kerajinan dari lidi, *furniture* dan bahan bangunan (balok Laminasi) dari pohon kelapa serta daunnya dapat digunakan sebagai pembungkus makanan seperti ketupat dan lepet. Selain itu juga daunnya dapat dibuat menjadi janur pada acara-acara adat (Winarno, 2014; Latief dkk., 2017).

Secara nasional, kelapa memiliki peran strategis bagi masyarakat Indonesia, bahkan termasuk komoditas sosial, mengingat produknya salah satu dari sembilan bahan pokok masyarakat. Berdasarkan data statistik, produksi kelapa di Provinsi Kepulauan Bangka Belitung pada tahun 2020 sebesar 5.100 ton (BPS). Akan tetapi sampai dengan saat ini pemanfaatan kelapa di Provinsi Kepulauan Bangka Belitung terbatas hanya pada buahnya saja. Baik dikonsumsi segar (air kelapa muda dan daging buah muda), maupun diolah sebagai bahan pangan (kelapa parut dan santan), sedangkan tempurung kelapa dan sabutnya belum dimanfaatkan secara optimal. Upaya untuk mengoptimalkan tempurung kelapa yang merupakan limbah dari tempat pematangan kelapa dan pemerasan santan, dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan asap cair.

Limbah padat tempurung kelapa mempunyai potensi untuk dikembangkan menjadi produk yang bermanfaat dan bernilai ekonomis karena mengandung bahan organik dengan kadar yang cukup tinggi yaitu lignin 36,51%, selulosa 33,61% dan hemiselulosa 19,27% (Arbi & Irsad, 2018). Selama ini, penanganan limbah tempurung kelapa belum optimum, banyak limbah tempurung kelapa yang dibuang ke sungai atau ke drainase sehingga menyebabkan terjadinya banjir (Zumaro & Arbi, 2017). Metode yang diperkirakan sangat efektif dan efisien dalam menangani limbah padat tempurung kelapa adalah dengan menerapkan metode pirolisis. Metode pirolisis merupakan proses dekomposisi kimia bahan organik melalui proses pemanasan tanpa oksigen, dimana material mentah akan mengalami pemecahan struktur kimia menjadi gas. Proses pirolisis untuk menghasilkan asap cair dapat diproduksi dari bahan kayu atau tempurung pada suhu 400 °C. Asap cair dari bahan yang mengandung hemiselulosa, suhu pirolisis yang diperlukan pada suhu 220 - 400 °C, yang berbahan selulosa pada suhu 320 - 420 °C, dan yang berbahan lignin pada suhu di atas 400 °C (Fauziati dkk., 2018).

Salah satu keuntungan metode pirolisis dalam pengolahan limbah padat tempurung kelapa adalah menghasilkan produk berupa asap cair, arang aktif dan gas metan. Selain berasal dari tempurung kelapa, bahan lain yang dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan asap cair yaitu: Kulit kacang mente dan sabut kelapa, sampah Organik, sabut kelapa (Budaraga dkk., 2016); tongkol jagung (Swastawati, 2008).

Asap cair (*liquid smoke*) merupakan suatu hasil kondensasi atau pengembunan dari uap hasil pembakaran secara langsung maupun tidak langsung dari bahan-bahan yang banyak mengandung lignin, selulosa, hemiselulosa serta senyawa karbon lainnya (Sarwendah dkk., 2019). Towaha dkk. (2013), selama proses pirolisis senyawa selulosa akan menghasilkan karbonil dan asam asetat serta homolognya, sedangkan dari senyawa lignin akan menghasilkan phenol dan tar. Selanjutnya dari senyawa hemiselulosa akan menghasilkan furfural, furan, dan asam karboksilat.

Asap cair memiliki banyak manfaat terutama pada industri pangan, perikanan, kayu dan perkebunan. Pada industri pangan dan perikanan, prinsip dasar penggunaan asap cair bermanfaat sebagai pengawet atau menambah daya tahan dan menambah aroma dan cita rasa (Swastawati dkk., 2012; Sarwendah dkk., 2019). Hal ini dikarenakan asap cair mengandung senyawa antimikroba dan antioksidan (Lingbeck dkk., 2014). Pada industri Kayu, asap cair berguna untuk menahan serangan rayap (Evahelda dkk., 2021), sedangkan pada industri perkebunan, asap cair berfungsi sebagai koagulan lateks dengan sifat fungsional asap cair seperti antijamur, antibakteri dan antioksidan tersebut dapat memperbaiki kualitas produk karet yang dihasilkan (Wibowo & Isroi, 2016; Sarwendah dkk., 2019). Selain itu juga asap cair dapat digunakan untuk menghilangkan bau pada peternakan ayam karena mengandung senyawa-senyawa yang berbau asap seperti karbonil, furan, fenol, siklopenten, benzene dan lainnya (Saputri dkk., 2021).

Mengingat banyak manfaat yang diperoleh dengan memanfaatkan limbah tempurung kelapa menjadi yang diolah menjadi asap cair, sehingga penelitian ini dilaksanakan. Adapun tujuan dari penelitian ini adalah mendeskripsikan proses pembuatan asap cair dari limbah tempurung kelapa dan penggolongan (*grade*) asap cair berdasarkan warnanya.

METODE

Bahan dan alat

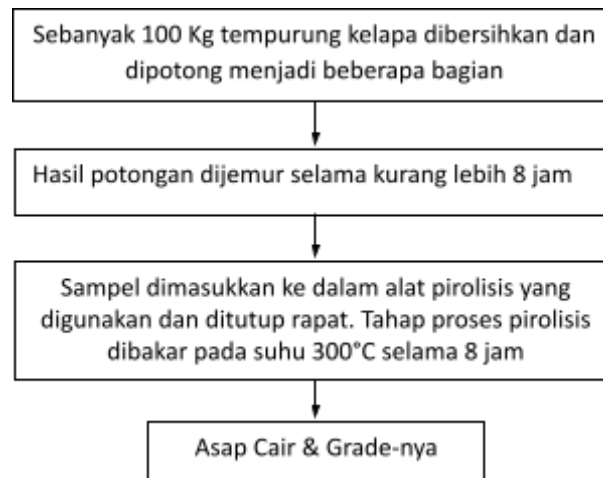
Bahan-bahan yang digunakan adalah: tempurung kelapa sebagai bahan baku untuk pembuatan asap cair dan es batu untuk membantu proses kondensasi,. Alat-alat yang digunakan adalah: alat pirolisis, kompor gas dan gas, thermometer, timbangan, palu, dan terpal jemur

Tempat dan waktu

Proses pembuatan asap cair dilakukan di laboratorium kelapa terpadu, Fakultas Pertanian, Perikanan, dan Biologi, Universitas Bangka Belitung.

Pelaksanaan

Proses pembuatan asap cair berasal dari tempurung kelapa menggunakan alat pirolisis (Hibah dari Kemenristek Dikti tahun 2009) yang ada di Fakultas Pertanian Perikanan dan Biologi Universitas Bangka Belitung. Proses pembuatan asap cair dapat dilihat pada Gambar 1. Setelah proses pembuatan asap cair selesai dilakukan, selanjutnya menggolongkan asap tersebut berdasarkan Grade-nya.



Gambar 1. Proses pengolahan asap cair dari tempurung kelapa

Analisa data

Analisa data diamati dengan mengamati karakteristik dari warna yang dihasilkan dari proses pirolisis. Warna asap cair diketahui dengan sistem ($CIE L, a$ dan b), dengan sumbu L (Lightness, %) mulai dari atas ke bawah (*top to bottom*) dengan nilai maksimum 100 yang menunjukkan *perfect reflecting diffuser* yang diindikasikan sebagai putih, dan nilai nol menunjukkan warna hitam. Sumbu a dan b tidak memiliki batasan numeric. Nilai positif a menunjukkan warna merah, dan negatif a adalah hijau. Nilai positif b menunjukkan warna kuning, dan negatif adalah biru.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembuatan asap cair

Asap cair (*liquid smoke*) merupakan suatu hasil kondensasi atau pengembunan dari uap hasil pembakaran secara langsung maupun tidak langsung dari bahan-bahan yang banyak mengandung lignin, selulosa, hemiselulosa serta senyawa karbon lainnya (Sarwendah dkk., 2019). Asap cair pada penelitian ini berasal dari tempurung kelapa. Proses pembuatannya diawali dengan pengecilan ukuran, penjemuran dan pirolisis:

Pengecilan ukuran

Tempurung kelapa yang akan digunakan untuk proses pembuatan asap cair merupakan limbah dari tempat pamarutan kelapa atau pemerasan santan kelapa yang ada disekitar lokasi penelitian yaitu di Desa Balunijuk, sebanyak 100 Kg. Sebelumnya diolah tempurung kelapa dilakukan proses pengecilan ukuran dengan cara dipukul menggunakan palu. Proses pengecilan ukuran ini dimaksudkan untuk memperluas permukaan tempurung kelapa, sehingga dapat meningkatkan laju pemanasan dan akan mempercepat terjadinya proses pembakaran sehingga waktu yang diperlukan untuk mendapatkan asap cair lebih singkat (Maulina dkk., 2017; Talib dkk., 2020). Selain itu juga menurut (Widiya dkk., 2014), upaya memperkecil ukuran dengan tujuan memperbesar luas permukaan kontak sehingga dapat menghomogenkan reaksi pirolisis.

Penjemuran

Penjemuran tempurung kelapa dilakukan dengan menggunakan alas terpal jemur dibawah sinar matahari langsung selama satu hari (kurang lebih delapan jam), selama penjemuran dilakukan pembolak balikan tempurung, supaya proses penjemuran rata. Proses penjemuran dapat dilihat pada Gambar 2a. Setelah penjemuran, berat tempurung kelapa susut menjadi sekitar 10%, dari berat awal bahan sebelum dikeringkan sebanyak 60 Kg (Gambar 2b). Penjemuran bertujuan untuk mengurangi kadar air pada tempurung kelapa. Tempurung kelapa kering masih mengandung 33,61% selulosa; 36,51% lignin; 29,27% pentosa dan 0,61% abu (Shelke dkk., 2014). Selain itu juga tempurung kelapa yang sudah kering dapat mempengaruhi rendemen dari asap cair yang akan dihasilkan (Pamori dkk., 2015).

Tingginya kadar air pada bahan akan mempengaruhi rendemen yang dihasilkan. Menurut Haji (2006), bahwa jumlah rendemen asap cair yang dihasilkan pada proses pirolisis, sangat bergantung pada kondisi proses dan jenis bahan baku yang digunakan. Selain itu juga menurut (Maulina & Putri, 2017), semakin tinggi kadar air bahan baku yang digunakan, maka kualitas asap cair yang dihasilkan akan menurun. Menurut Pamori dkk. (2015), pirolisis dengan bahan baku sabut kelapa muda dengan kadar air 20% menghasilkan asap cair yang terbaik dengan karakteristik rendemen 9,06%.



a). tempurung kelapa sebelum dijemur 2b). Tempurung kelapa setelah dilakukan penjemuran

Gambar 2. Pecahan tempurung kelapa

Pirolisis

Pirolisis merupakan proses dekomposisi suatu bahan oleh panas tanpa menggunakan oksigen. Pada penelitian ini proses pirolisis yang dilakukan pada pembuatan asap cair dari tempurung kelapa dilakukan selama 4 jam, pada suhu 150-200 °C. Proses pirolisis dihentikan jika sudah tidak ada lagi asap cair yang keluar setelah melalui pipa kondensor, Skema proses pirolisis tempurung kelapa menjadi asap cair dapat dilihat pada Gambar 3a, sedangkan pirolisis tempurung kelapa menjadi asap cair dapat dilihat pada Gambar 3b.



a). Skema proses pirolisis tempurung kelapa; b). Proses pirolisis tempurung kelapa

Gambar 3. Alat pirolisis untuk pembuatan asap cair dari tempurung kelapa

Suhu pirolisis yang digunakan dapat mempengaruhi mutu asap cair yang akan dihasilkan. Semakin tinggi temperatur proses pirolisis asap cair, maka rendemen asap cair yang didapatkan semakin tinggi, ini menunjukkan hubungan temperatur dengan rendemen adalah berbanding lurus. Pada penelitian ini suhu pirolisis yang ideal yaitu 300 °C, akan tetapi kondisi ini sulit dicapai. Hal ini disebabkan karena kondisi sumber panas atau api yang tidak merata dan tungku pembakaran yang tidak sempurna. Berdasarkan (Darmadji, 2009; Reta & Anggraini, 2016), pada temperatur 110 – 270 °C, biomassa mulai terdekomposisi membentuk CO, CO₂, asam asetat dan metanol, sedangkan pada temperatur 400 – 500 °C, pembentukan biomassa menjadi arang berlangsung mendekati sempurna, namun arang yang dihasilkan masih mengandung 30% tar.

Berdasarkan Gambar 3b, terlihat bahwa api yang dihasilkan tidak merata, disebabkan karena kayu bakar yang digunakan dan pengaruh tiupan angin. Tungku pembakaran yang tidak sempurna dapat menyebabkan nyala api yang menjadi sumber panas tidak merata dan kurang besar, sehingga asap cair yang dihasilkan akan lebih sedikit dan memiliki kualitas yang kurang baik (Sari dkk., 2019).

Selama proses pembuatan asap cair, suhu air di dalam kondensor dijaga dengan adanya sirkulasi air yang masuk dan keluar kondensor, selain itu juga pada kondensor ditambahkan es batu. Pemberian es batu bertujuan untuk menurunkan suhu air pada proses kondensasi sehingga produk yang dihasilkan akan maksimal (Ratnawati & Hartanto, 2010).

Warna

Warna awal asap cair hasil pirolisis yang berasal dari tempurung kelapa dapat dilihat pada Gambar 4. Pada Gambar 4a, terlihat asap cair berwarna hitam pekat. Warna asap cair dapat dipengaruhi oleh suhu pirolisis yang mengakibatkan terjadinya degradasi selulosa, hemiselulosa dan lignin (Girard, 1992). Menurut Wijaya dkk. (2008), bahwa perubahan suhu menyebabkan perubahan warna pada asap cair. Semakin tinggi suhu pirolisis maka semakin gelap warna asap cair yang dihasilkan. Selain itu juga warna coklat kehitaman pada asap cair hasil pirolisis dikarenakan mengandung tar, fenol dan karbonil yang ditandai dengan bau asap yang menyengat (Montazeri dkk., 2013; Talib dkk., 2020). Menurut Budaraga dkk. (2016), warna coklat tua dari asap cair disebabkan oleh kandungan karbonilnya. Semakin tinggi kandungan karbonnya, semakin tinggi potensi warna coklatnya. Selanjutnya ditambahkan oleh Yatagai (2002) dalam Sarwendah dkk. (2019), warna gelap ini dikarenakan proses polimerisasi yang berlebihan, sedangkan warna asap cair yang memenuhi standar kualitas Jepang adalah kuning-coklat kemerahan pucat-coklat kemerahan.



a.) Warna asap cair yang dihasilkan; b.) Warna asap berdasarkan grade

Gambar 4. Warna asap cair

Berdasarkan Gambar 4a, menunjukkan bahwa warna asap cair yang dihasilkan yaitu coklat kehitaman. Warna tersebut hampir sama dengan penelitian Kailaku dkk. (2017) pada Gambar 4B, sehingga digolongkan ke dalam grade C. Menurut Kailaku dkk. (2017), asap cair dapat diklasifikasikan menjadi 3, yaitu grade 1, grade 2, dan grade 3, dengan karakteristik masing-masing grade dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Karakteristik asap cair tempurung kelapa

Parameter	Asap cair tempurung kelapa		
	Grade 1	Grade 2	Grade 3
Total phenolic content (%)	0,18±0,004	0,30±0,002	1,5±0,1
Lightness (L)	95,76	93,01	29,87
a	1,97	-1,26	39,97
b	5,50	20,82	47,92
Clarity (%)	93,70	64,23	0,00
pH	2,579	3,12	2,76

Sumber : Kailaku dkk. (2017).

Berdasarkan Tabel 1, diketahui bahwa warna asap cair grade 3, dengan nilai *L*, lebih kecil dari grade 2 dan 1, sedangkan nilai *a* dan *b* lebih besar dari pada grade 2 dan 1. Hal ini menunjukkan bahwa warna asap cair grade 3 cenderung lebih gelap, merah dan kuning, dibandingkan grade 2 dan grade 1.

Asap cair grade 3 tidak dapat digunakan untuk pengawet makanan, karena masih banyak mengandung tar yang bersifat karsinogenik. Penggunaan Asap cair ini hanya dapat digunakan sebagai koagulan dan penghilang bau pada pengolahan karet karena asap cair bersifat sebagai anti jamur, anti bakteri (Sarwendah dkk., 2019; Evahelda dkk., 2021), pestisida, dan pengawet kayu atau bambu biar tahan terhadap rayap (Reta & Anggraini, 2016). Selanjutnya ditambahkan oleh Kailaku dkk. (2017), bahwa asap cair grade C dapat digunakan pengawet kayu, bahan koagulan karet dan mengurangi bau busuk pada hasil olahan karet. Menurut Pszcola (1995), bahwa dua senyawa utama dalam asap cair yang diketahui mempunyai efek bakterisid atau bakteristatik adalah fenol dan asam-asam organik, kombinasi keduanya dapat bekerja secara efektif untuk mengontrol pertumbuhan mikroba, disamping itu fenol juga memiliki aktivitas antioksidan yang cukup besar. Selain itu juga, senyawa fenolik pada asap cair berkontribusi terhadap rasa asap dan warna asap cair, dan juga memiliki sifat antibakteri dan antioksidan (Montazeri dkk., 2013).

KESIMPULAN

Asap cair grade 3 tidak dapat digunakan untuk pengawet makanan, karena masih banyak mengandung tar yang bersifat karsinogenik. Penggunaan asap cair ini hanya dapat digunakan sebagai koagulan dan penghilang bau pada pengolahan karet karena asap cair bersifat sebagai anti jamur dan anti bakteri, pestisida, pengawet kayu dan bambu biar tahan terhadap rayap.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih diucapkan kepada Universitas Bangka Belitung, melalui Hibah Penelitian Unggulan Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan, sesuai dengan (DIPA) No. 023.17.2.677533/2021.

DAFTAR PUSTAKA

- Arbi, Y & Irsad, M. (2018). Pemanfaatan limbah cangkang kelapa sawit menjadi briket arang sebagai bahan bakar alternatif. *CIVED*, 5(4), 1–9. <https://doi.org/https://doi.org/10.24036/cived.v5i4.102724>
- Budaraga, I, K., Arnim., Marlida, Y., & Bulanin, U. (2016). Liquid smoke production quality from raw materials variation and different pyrolysis temperature. *International Journal on Advanced Science Engineering and Information Technology*, 6(3), 306–315. <https://doi.org/10.18517/ijaseit.6.3.737>
- Darmadji., (2009). Teknologi asap cair dan aplikasinya pada pangan dan hasil pertanian. In *Pidato Pengukuhan Jabatan Guru Besar dalam Bidang Teknologi Pangan dan Pertanian pada Fakultas Teknologi Pertanian UGM*.
- Erawan, T. S., Novia, A. S., & Iskandar, J. (2018). Etnobotani Tanaman Kelapa di Desa Karangwangi, Cianjur, Jawa Barat. *Jurnal Pros Sem Nas Masy Biodiv Indonesia*, 4(2), 163-168. <https://doi.org/10.13057/psnmbi/m040211>
- Evahelda., Astuti, R.F., Aini, S.N. & Nurhadini. (2021). Liquid smoke application in latex as an environment-friendly natural coagulant. In *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 926 012052*. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/926/1/012052>
- Fauziati., Priatni, A. & Adiningsih, Y. (2018). Pengaruh berbagai suhu pirolisis asap cair dari cangkang sawit sebagai bahan penggumpal lateks. *JRTI*, 12(2), 139–149. <https://doi.org/10.26578/jrti.v12i2.4248>
- Girard, J. P. (1992). *Technology of meat and meat products*. Ellias Howard Ltd.
- Haji, A.G, Mas'ud, Z.A., Lay, B.W., Sutjahjo, S.H., & Pari, G. (2006). Karakterisasi asap cair hasil pirolisis sampah organik padat. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*, 16(3), 111–118.
- Jumiati, E., Darwanto, D. H., & Hartono, S. (2013). Analisis saluran pemasaran dan margin pemasaran kelapa dalam di daerah perbatasan Kalimantan Timur. *Agrifor: Jurnal Ilmu Pertanian dan Kehutanan*, 12(1), 1-10. <https://doi.org/10.31293/af.v12i1.165>
- Kailaku, S. I., Syakir, M., Mulyawanti, I., & Syah, A. N. A. (2017, June). Antimicrobial activity of coconut shell liquid smoke. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 206, No. 1, p. 012050). IOP Publishing. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/206/1/012050>
- Latief, A., Mora, Z., & Ridha, A. (2017). IBM diversifikasi limbah lidi kelapa sawit menjadi produk kerajinan tangan di Kampung Paya Bedi, Kabupaten Aceh Tamiang. In *Proceeding Seminar Nasional Politeknik Negeri Lhokseumawe*, (pp 240–244).
- Lingbeck, J. M., Cordero, P., O'Bryan, C. A., Johnson, M. G., Ricke, S. C., & Crandall, P. G. (2014). Functionality of liquid smoke as an all-natural antimicrobial in food preservation. *Meat Science*, 97(2), 197-206. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2014.02.003>
- Maulina, S. & Putri, F. S. (2017). Pengaruh suhu waktu dan kadar air bahan baku terhadap pirolisis serbuk pelepah kelapa sawit. *Jurnal Teknik Kimia USU*, 2(6), 35–40. <https://doi.org/10.32734/jtk.v6i2.1581>
- Montazeri, N., Alexandra C. M. Oliveira, A.C.M., Himelbloom, B.H., Leigh, M.B., & Crapo, C. A. (2013). Chemical characterization of commercial liquid smoke products. *Food Science & Nutrition*, 1(1), 102–115. <https://doi.org/10.1002/fsn3.9>
- Pamori, R., Efendi, R. & Restuhadi, R. (2015). Karakteristik asap cair dari proses pirolisis limbah sabut kelapa muda. *Sagu*, 2(14), 43–50. <http://dx.doi.org/10.31258/sagu.v14i2.3009>
- Pszczola, D. E. (1995). Tour highlights production and uses of smoke-based flavors. *Food technology (Chicago)*, 49(1), 70-74.
- Ratnawati & Hartanto, S. (2010). Pengaruh suhu pirolisis cangkang kelapa sawit terhadap kualitas dan kuantitas asap cair. *Jurnal Sains Materi Indonesia*, 1(12), 7–11. <https://doi.org/10.17146/jsmi.2010.12.1.4551>
- Reta, K.B., & Anggraini, S. P. A. (2016). Pembuatan asap cair dari tempurung kelapa, tongkol, jagung, dan bambu menggunakan proses slow pyrolysis. *Jurnal Reka Buana*, 1(1), 57–64. <https://doi.org/10.33366/rekabuana.v1i1.647>
- Saputri, Y. N., Windari, W., & Nurlaili, N. (2021). Persepsi peternak tentang teknologi asap cair (liquid smoke) tempurung kelapa di kelompok ternak satwa mandiri Kabupaten Kediri. *Agromix*, 12(1), 17–24. <https://doi.org/10.35891/agx.v12i1.2206>
- Sari, L. R., Sumpono, S., & Elvinawati, E. (2019). Uji efektivitas asap cair cangkang buah karet (*Hevea brasiliensis*)

- sebagai antibakteri *Bacillus subtilis*. *Alotrop*, 3(1), 34–40. <https://doi.org/10.33369/atp.v3i1.9033>
- Sarwendah, M., Feriadi, F., Wahyuni, T., & Arisanti, T. N. (2019). Pemanfaatan limbah komoditas perkebunan untuk pembuatan asap cair. *Jurnal Penelitian Tanaman Industri*, 25(1), 22–30.
- Subagio, A. (2010). Potensi daging buah kelapa sebagai bahan baku pangan bernilai. *Jurnal Pangan*, 20(1), 15–26. <https://doi.org/10.33964/jp.v20i1.4>
- Swastawati, F. (2008). Quality and safety of smoked catfish (*aries thalassinus*) using paddy chaff and coconut shell liquid smoke. *Journal of Coastal Development*, 12(1), 1410–5217.
- Swastawati, F., Susanto, E., Cahyono, B., & Trilaksono, W. A. (2012). Sensory evaluation and chemical characteristics of smoked stingray (*dasyatis blekeery*) processed by using two different liquid smoke. *International Journal of Bioscience, Biochemistry and Bioinformatics*, 2(3), 212–216. <https://doi.org/10.7763/ijbbb.2012.v2.103>
- Talib, D. A., Gunawan, S., & Husen, A. (2020). Pembuatan asap cair dengan sistem destilasi yang diaplikasikan pada produk ikan cakalang. *Agrikan: Jurnal Agribisnis Perikanan*, 13(1), 83–90. <https://doi.org/10.29239/j.agrikan.13.1.83-90>
- Towaha, J., Aunillah, A., Purwanto, E.K., Latief, A., Mora, Z., & Ridha, A. (2013). Pemanfaatan asap cair kayu karet dan tempurung kelapa untuk penanganan polusi udara pada lump. *Buletin RISTR*, 4(1), 71–80. <https://doi.org/10.21082/jtidp.v4n1.2013.p71-80>
- Wibowo, N. A., & Isroi., (2016). Potensi in-vivo selulosa bakterial sebagai nano-filler karet elastomer thermoplastics. *Perspektif*, 14(2), 103. <https://doi.org/10.21082/p.v14n2.2015.103-112>
- Widiya., Idral., & Zultiniar., (2014). Pengaruh suhu dan waktu destilasi terhadap komposisi kimia asap cair dari kulit durian. *Jurnal Online Mahasiswa Fakultas Teknik*, 1(1), 1–13.
- Wijaya, M., Noor, E., Irawadi, T.T. & Pari, G. (2008). Perubahan suhu pirolisis terhadap struktur kimia asap cair dari serbuk gergaji kayu pinus. *Jurnal Hasil Hutan*, 1(2), 73–77.
- Winarno, F. G. (2014). *Kelapa pohon kehidupan*. PT Gramedia Pustaka Utama.
- Yatagai, M. (2002). Utilization of charcoal and wood vinegar in japan. graduate school of agricultural and life sciences. *Journal of Food Science Utilization of Charcoal and Wood Vinegar*.
- Zumaro, A. R., & Arbi, Y. (2017). Perancangan reaktor biogas di uptd pasar ternak palangki. *Jurnal Sains dan Teknologi: Jurnal Keilmuan dan Aplikasi Teknologi Industri*, 17(1), 43. <https://doi.org/10.36275/stsp.v17i1.61>