

Karakteristik Asap Cair dari Kulit Buah Nipah (*Nypa fruticans*) dan Potensinya Sebagai Antibakteri *Staphylococcus aureus*

Mardiyana^{1*}, Theresia Evila Purwanti Sri Rahayu², Vicky Prasetya³

¹Program Studi Pengembangan Produk Agroindustri, Politeknik Negeri Cilacap, Jalan Dr. Soetomo No.1 Sidakaya Cilacap Selatan, Kabupaten Cilacap, Jawa Tengah, Indonesia 53213

²Program Studi Teknologi Pengendalian Pencemaran Lingkungan, Politeknik Negeri Cilacap, Jalan Dr. Soetomo No.1 Sidakaya Cilacap Selatan, Kabupaten Cilacap, Jawa Tengah, Indonesia 53213

³Program Studi Teknik Listrik, Politeknik Negeri Cilacap, Jalan Dr. Soetomo No.1 Sidakaya Cilacap Selatan, Kabupaten Cilacap, Jawa Tengah, Indonesia 53213

*e-mail korespondensi: mardiyana@pnc.ac.id

INFORMASI ARTIKEL

Diterima : 03 Oktober 2023
Disetujui : 17 Desember 2023
Terbit Online : 22 Desember 2023

Key Words:

Liquid smoke,
Skin of Nipah Fruit
Antibacterial agent

ABSTRACT

Skin of Nipah fruit (Nypa fruticans) contains cellulose, hemicellulose and lignin compounds, so it has the potential to be used as raw material for making liquid smoke. The urgency of this research is that until now the use of palm fruit skin to make liquid smoke is still very rare or non-existent. This research aims to characterize the contents of liquid smoke from Nipah fruit skin and determine its potential as an antibacterial against Staphylococcus aureus bacteria. The research stages were divided into 3 stages, namely the liquid smoke production stage, the liquid smoke characterization stage and its antibacterial potential, and the data processing stage. The data obtained was analyzed comparatively descriptively. The research results showed that the compounds contained in liquid smoke included total acids (as acetic acid), total phenolics and carbonyls. With the compounds contained and its acidic pH value, liquid smoke from Nipah fruit peel (Nypa fruticans) has very strong antibacterial capabilities at a concentration of 100%. Thus, this liquid smoke has the potential to be used as an antibacterial agent against Staphylococcus aureus bacteria

PENDAHULUAN

Tanaman Nipah yang memiliki nama latin *Nypa fruticans* adalah salah satu jenis tanaman mangrove yang banyak ditemukan di muara sungai. Di Kabupaten Cilacap, Jawa Tengah tanaman Nipah (*Nypa fruticans*) banyak ditemukan di Perairan Cilacap (Mardiyana, Satriawan and Prabowo, 2021). Tanaman ini menghasilkan buah nipah dan belum banyak dimanfaatkan sehingga buah ini memiliki potensi yang cukup besar untuk dikembangkan lebih lanjut. Buah nipah memiliki struktur seperti buah kelapa yang memiliki kulit luar, sabut, tempurung, dan buah di dalamnya. Satu buah nipah terdiri atas sabut dan tempurung sebesar 75,88% dan daging buah 24,12% (Mulyadi A. F., Dewi I. A., Deoranto P., 2013). Banyaknya limbah kulit buah nipah yang dihasilkan, menunjukkan bahwa limbah kulit nipah memiliki potensi yang cukup besar untuk dimanfaatkan lebih lanjut. Kulit buah nipah mengandung selulosa, hemiselulosa, dan lignin sehingga dapat dijadikan sebagai produk bahan baku pembuatan asap cair.

Produk asap cair didapatkan dari ekstraksi dengan destilasi dan banyak dimanfaatkan diantaranya sebagai pengawet alami alternatif

pengganti formalin atau boraks yang banyak digunakan dan menjadi perhatian khusus pada beberapa tahun terakhir (Martanto, 2016; Novrizal and Ulfah, 2018). Menurut (Nainggolan, W., Leksono T., 2017) produk asap cair dapat digunakan sebagai antibakteri karena kandungan asamnya yang tinggi. Sejauh ini penggunaan asap cair sebagai antibakteri banyak diperoleh dari bahan baku seperti sabut dan tempurung kelapa, sekam padi, cangkang buah karet, cangkang dan tandan sawit (Lestari, Idiawati and Harlia, 2015; Andiana, Aini and Karseno, 2020; Swastawati and Romadhon, 2020). Namun, asap cair yang berbahan dasar dari kulit buah nipah belum dilaporkan penggunaannya sebagai antibakteri.

Sejauh ini penelitian tentang pemanfaatan kulit buah nipah yaitu untuk biobriket (Martanto, 2016), perekat lignin (Megawati, 2017), dan arang aktif (Sri Rahayu, Dwityaningsih and Ulikaryani, 2022). Pembuatan asap cair dari kulit buah nipah sudah dilakukan oleh (Mardiyana, Satriawan and Prabowo, 2021) dan menunjukkan adanya kandungan senyawa fenol yang dapat dijadikan sebagai agen antibakteri.

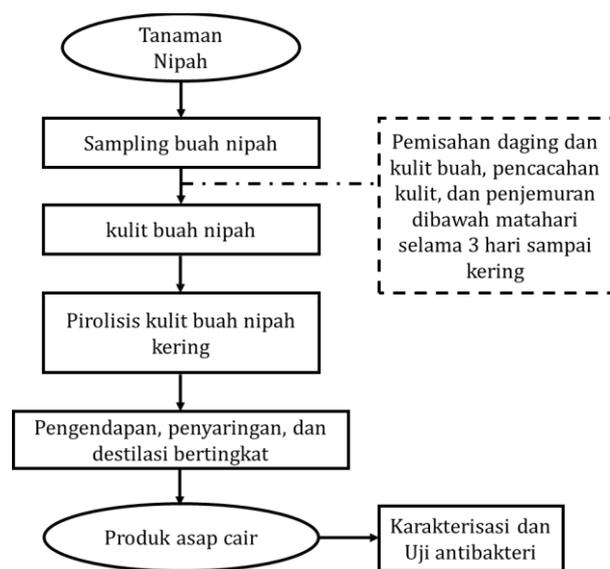
Dengan demikian, penelitian ini bertujuan untuk mengkarakterisasi kandungan yang ada pada asap cair dari kulit buah nipah serta mengetahui potensinya sebagai antibakteri pada bakteri *Staphylococcus aureus*.

BAHAN DAN METODE

Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan selama 4 bulan yaitu bulan Juli sampai November 2023. Sampel buah nipah diambil dari perairan muara sungai Kaliyasa di Kabupaten Cilacap. Persiapan sampel meliputi pencacahan dan penjemuran kulit buah nipah serta destilasi asap cair dilakukan di Laboratorium Pengembangan Produk Agroindustri Politeknik Negeri Cilacap, sedangkan proses pirolisis kulit buah nipah dan karakterisasi kandungan asap cair dilakukan di Laboratorium Teknologi Pengolahan Hasil Pertanian (TPHP) Universitas Gadjah Mada Yogyakarta sedangkan uji sifat daya hambat asap cair terhadap pertumbuhan bakteri *Staphylococcus aureus* dilakukan di Laboratorium Teknologi Laboratorium Medis Universitas Al Irsyad Cilacap.

Prosedur Penelitian



Gambar 1. Prosedur penelitian

Preparasi dan Pirolisis Kulit Buah Nipah

Preparasi kulit buah Nipah meliputi sampling buah nipah, memisahkan kulit dengan buahnya kemudian mengeringkan kulit buah nipah dengan menjemurnya selama 2-3 hari. Menimbang sebanyak 3 sampai 5 kg. Selanjutnya proses pembakaran di dalam alat pirolisis dengan temperatur 400 °C. Alat pirolisis seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. Alat Pirolisis

Pengendapan, Penyaringan dan Destilasi bertingkat Asap Cair

Pengendapan, penyaringan dan destilasi bertingkat ini bertujuan untuk memurnikan asap cair. Penyaringan menggunakan kertas Whatman No. 42.

Karakterisasi Asap Cair

Karakterisasi meliputi analisis kandungan senyawa asap cair seperti pH menggunakan pH meter, total asam (sebagai asam asetat) (metode AOAC) fenolik total (metode AOAC 2015), dan karbonil (Metode Lappin dan Clark 1951).

Aktivitas Antibakteri *Staphylococcus aureus*

Pengujian aktivitas antibakteri menggunakan metode cakram menggunakan media NA padat merk Himedia.

Analisis Data

Tahapan penelitian dibagi menjadi 3 tahapan yaitu tahapan pembuatan asap cair, tahapan karakterisasi asap cair dan potensi antibakteri, dan tahapan pengolahan data. Data yang diperoleh dianalisis secara deskriptif komparatif.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembuatan Asap Cair

Kulit buah Nipah (*Nypa fruticans*) terdiri atas bagian kulit luar, sabut (*husk*) dan tempurung (*shell*) yang mengandung selulosa, hemiselulosa, dan lignin. Berdasarkan hasil kajian [\(Tamunaidu and Saka, 2011\)](#) menunjukkan bahwa pada tempurung dan sabut buah nipah mengandung selulosa, hemiselulosa, dan lignin. Berbagai limbah kayu dan pertanian memungkinkan untuk

dijadikan sebagai bahan baku pembuatan asap cair (Swastawati, F., Agustini, T.W., Darmanto, Y.S., Dewi, 2007).

Proses pembuatan asap cair murni terdiri dari tiga tahapan utama yaitu pirolisis (pembakaran), kondensasi, dan redestilasi. Proses yang dilakukan pertama kali dalam pembuatan asap cair yaitu menyiapkan bahan baku yakni kulit buah nipah. Kulit buah nipah sebanyak 3,32 kg keringkan selama 2 hari setelah kering selanjutnya bisa diproses untuk dibakar di dalam tabung pembakaran selama 8 jam dengan suhu $\pm 400,3$ °C. Suhu untuk proses pembakaran bahan baku asap cair sebaiknya berkisar 400-450 °C hal ini dikarenakan bahan baku tersebut mengandung hemiselulosa, selulosa, dan lignin (Ayudiarti and Sari, 2010). Suhu yang diperlukan untuk proses pirolisis ketiga komponen utama tersebut dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Suhu Pirolisis Hemiselulosa, Selulosa, dan Lignin (Girard, 1992) dalam (Ayudiarti and Sari, 2010).

Nama Komponen	Suhu Pirolisis	Hasil
Hemiselulosa	200-250 °C	Senyawa furfural, furan, asam karboksilat, dan asam asetat
Selulosa	280-320 °C	Asam asetat
Lignin	400-450 °C	Senyawa fenol dan eter fenolik

Asap yang dihasilkan dari proses pirolisis memiliki warna kuning pekat dan agak berwarna hitam pekat atau yang dikenal dengan asap cair grade B. Asap cair ini memiliki aroma asap yang sangat tajam. Asap cair grade B ini kemudian didiamkan selama 3 hari bertujuan agar senyawa-senyawa TAR (berwarna hitam) bisa mengalami pengendapan dan tidak ikut terbawa dalam proses destilasi selanjutnya. Setelah pengendapan, asap cair ini juga disaring terlebih dahulu menggunakan kertas saring seperti pada Gambar 2.



Gambar 2. Penyaringan Asap Cair Grade B

Filtrat dari hasil penyaringan ini (Gambar 2) yang kemudian akan dilanjutkan ke tahapan destilasi sederhana. Proses destilasi menggunakan

suhu pemanasan antara 100-200 °C. Proses dari destilasi ini menghasilkan asap cair grade A atau dikenal dengan redestilat asap cair (Gambar 3). Proses redestilasi ini dapat memurnikan (*purification*) senyawa berdasarkan perbedaan titik didihnya (Darmadji, 2002). Proses redestilasi ini dapat menjernihkan warna asap cair (Achmadi, Cifriadi and Hidayah, 2015). Pemurnian asap cair dengan cara redestilasi atau destilasi bertingkat dilakukan untuk meminimalisir senyawa PAH beserta turunannya (Suaib, N F. Yermia, Agustina, 2019). Perubahan warna yang terjadi dari awal hasil pirolisis yang masih mengandung senyawa berbahaya hingga pada proses redestilasi yang menghasilkan asap cair berwarna bening. Hal ini menunjukkan bahwa proses destilasi bertingkat atau redestilasi mampu memisahkan senyawa-senyawa berbahaya yang ada di asap cair.



Gambar 3. (A) Senyawa TAR Sisa Penyaringan dan Pengendapan (Asap cair Grade C), (B) filtrat hasil penyaringan dan pengendapan asap cair grade B, dan (C) Redestilat Asap Cair (Asap cair grade A)

Karakterisasi produk redestilat asap cair kulit buah nipah

Hasil karakterisasi dari produk redestilat asap cair dari kulit buah nipah meliputi nilai pH, total asam, fenolik total, dan kandungan karbonil ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Karakterisasi redestilat asap cair kulit buah nipah

Komponen	Nilai
pH	2,4
Total Asam (sebagai asam asetat) (%)	10,17
Fenolik Total (% wb)	1,25
Karbonil (% wb)	4,23

Nilai pH redestilat asap cair dari kulit buah nipah senilai 2,4. Nilai ini tidak jauh berbeda dengan nilai pH dari produk asap cair dari bahan yang berbeda seperti tempurung kelapa yang bernilai 2,54 (Darmadji et al., 2012). Hasil penelitian (Mardiyana, Satriawan and Prabowo, 2021) dalam pembuatan asap cair dari kulit buah nipah menggunakan teknologi *cyclone* dan *redestillation* menghasilkan nilai pH sebesar 2,7. Nilai pH ini menunjukkan bahwa asap cair mengandung banyak asam organik yang merupakan hasil penguraian komponen kayu. Jika nilai pH asap cair rendah maka kualitas asap cair

yang dihasilkan juga tinggi. Hal ini dikarenakan nilai pH yang rendah juga akan berpengaruh terhadap nilai awet dan daya simpan produk asap maupun sifat organoleptiknya (Nainggolan, W., Leksono T., 2017).

Total asam yang terkandung dalam redestilat asap cair kulit buah nipah yaitu sebesar 10,17%. Nilai ini merupakan nilai asam asetat yang terkandung dalam asap cair tersebut. Asam-asam yang ada di dalam redestilat asap cair meliputi asam format, asetat, propionat, butirrat, valerat dan isokaproat (Darmadji et al., 2012). Asam asetat merupakan produk utama pirolisis selulosa dan hemiselulosa. Komposisi lignoselulosa mempengaruhi kandungan asam dalam asap cair (Achmadi, Cifriadi and Hidayah, 2015). Nilai total asam yang diperoleh memiliki nilai yang lebih besar dari nilai total asam asap cair tempurung kelapa hasil penelitian (Hartati, Darmadji and Pranoto, 2015) yaitu sebesar 8,40%.

Kandungan fenolik total dari redestilat asap cair kulit buah nipah yaitu 1,25%. Hasil ini tidak jauh berbeda dengan yang kandungan fenol asap cair tempurung kelapa yang diperoleh oleh (Hartati, Darmadji and Pranoto, 2015) yaitu sebesar 1,2%. Fenol merupakan senyawa antioksidan dan antibakteri yang terdapat pada asap cair (Aziz, Indraman and Alawiyah, 2011; Sahrum, Syaiful and Gazali, 2021). Kandungan fenol merupakan hasil dekomposisi pada proses pirolisis dari komponen lignin yang terdapat di kulit buah nipah. Menurut (Tamunaidu and Saka, 2011), kandungan lignin pada bagian sabut nipah yaitu 28,8%.

Kandungan karbonil dari redestilat asap cair kulit buah nipah yaitu 4,23%. Nilai ini lebih rendah dari kandungan karbonil asap cair tempurung kelapa hasil penelitian (Hartati, Darmadji and Pranoto, 2015) yaitu sebesar 5,75%. Kandungan karbonil merupakan hasil dekomposisi pada proses pirolisis dari komponen selulosa yang terdapat di kulit buah nipah. Menurut (Tamunaidu and Saka, 2011), kandungan selulosa bagian sabut nipah sebesar 36,5%.

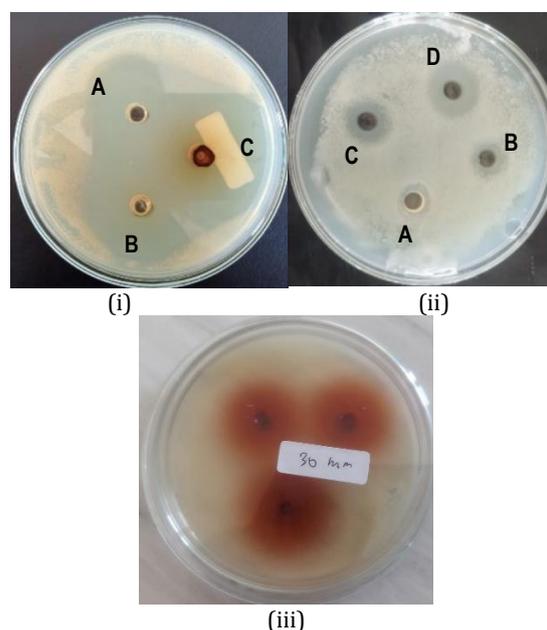
Uji aktivitas antibakteri dari produk redestilat asap cair kulit buah nipah pada bakteri *Staphylococcus aureus*

Uji aktivitas antibakteri yang dilakukan pada penelitian ini yaitu dengan menggunakan metode cakram. Metode ini dilakukan dengan melakukan lubang cakram di media agar padat sebesar 5 mm kemudian bakteri *Staphylococcus aureus* diinokulasi pada media tersebut. Diamkan sebentar inokulasi bakteri tersebut baru kemudian lubang cakram diisi dengan larutan asap cair yang akan diuji aktivitas antibakterinya. Selanjutnya dilakukan inkubasi pada inkubator dengan suhu 37

°C selama 24 jam. Setelah masa inkubasi selesai lalu dilakukan pengamatan zona bening yang terbentuk disekitar lubang cakram lalu diukur diameter zona bening tersebut dengan menggunakan penggaris. Zona bening yang terbentuk merupakan zona hambat pertumbuhan bakteri *Staphylococcus aureus* yang diakibatkan oleh sampel asap cair yang ditambahkan ke dalam lubang cakram.

Menurut (Sumpono, 2018), zona hambat yang terbentuk pada uji antibakteri terbagi menjadi dua yaitu zona hambat yang bersifat total dan parsial. Zona hambat total didefinisikan jika daerah sekeliling lubang cakram berwarna jernih yang berarti bakteri uji benar-benar sensitive terhadap sampel. Sedangkan zona hambat parsial didefinisikan jika zona hambat yang terbentuk di sekeliling lubang cakram masih terdapat beberapa koloni bakteri uji.

Zona hambat ini kemudian diukur sebagai Diameter Daya Hambat (DDH) yang nantinya akan digunakan dalam kriteria kekuatan aktivitas antibakteri. Menurut (Davis and Stout, 1971), kriteria kekuatan daya antibakteri adalah diameter zona hambat ≤ 5 mm dikategorikan lemah, 5-10 mm dikategorikan sedang, 11-20 mm dikategorikan kuat, dan > 20 mm dikategorikan sangat kuat.



Gambar 4. (i) Zona bening yang terbentuk dari redestilat asap cair kulit buah nipah konsentrasi 5% (A), 10% (B), 15% (C), dan 20% (D); (ii) Zona bening yang terbentuk dari asap cair (grade A, B, dan C) dari kulit buah nipah (>30 mm); (iii) Kontrol antibiotik Rifampicin (30 mm)

Dari hasil uji aktivitas antibakteri asap cair grade A (redestilat asap cair), grade B dan grade C (berwarna hitam) pada Gambar 4(i) terlihat terbentuk zona hambat yang sangat lebar dengan Diameter Daya Hambar (DDH) yaitu sebesar >30

mm. Bahkan bila dibandingkan dengan kontrol dari antibiotik pada Gambar 4(iii) menunjukkan bahwa luasan daya hambat dari asap cair lebih besar dibandingkan dengan kontrol. Dengan demikian, redestilat asap cair kulit buah nipah yang diperoleh tergolong dalam antibakteri sangat kuat. Sedangkan pada Gambar 4(ii) terlihat bahwa DDH yang terbentuk pada tiap konsentrasi sampel semakin lebar seiring dengan meningkatnya konsentrasi sampel redestilat asap cair yang ditambahkan pada lubang cakram. Menurut (Sumpono, 2018), konsentrasi dari suatu senyawa antibakteri merupakan salah satu faktor penentu besar kecilnya kemampuan senyawa tersebut dalam menghambat pertumbuhan bakteri yang diuji.

KESIMPULAN

Senyawa yang terkandung dalam asap cair meliputi total asam (sebagai asam asetat), fenolik total, dan karbonil dan nilai pHnya yang asam menjadikan asap cair dari kulit buah Nipah (*Nypa fruticarpa*) memiliki kemampuan antibakteri yang sangat kuat pada konsentrasi 100%. Dengan demikian asap cair ini berpotensi dijadikan sebagai agen antibakteri pada bakteri *Staphylococcus aureus*.

DAFTAR PUSTAKA

- Achmadi, S.S., Cifriadi, A. and Hidayah, M.N. (2015) 'Redistilat Asap Cair Dari Cangkang Kelapa Sawt Dan Aplikasinya Sebagai Koagulan Karet Alam', *Jurnal Penelitian Karet*, 33(2), pp. 183-192. Available at: <https://doi.org/10.22302/jpk.v33i2.183>.
- Andiana, A., Aini, N. and Karseno, K. (2020) 'Produk Enkapsulasi Asap Cair Sekam Padi Dan Aplikasinya Untuk Mengawetkan Tahu Putih', *Jurnal Agroteknologi*, 13(02), p. 180. Available at: <https://doi.org/10.19184/j-agt.v13i02.13994>.
- Ayudiarti, D.L. and Sari, R.N. (2010) 'Asap cair dan aplikasinya pada produk perikanan', *Squalen*, 5(3), pp. 101-108.
- Aziz, T., Indraman, M.F. and Alawiyah, U. (2011) 'Pemanfaatan Tempurung Kelapa dan Tempurung Sawit untuk Pembuatan Asap Cair sebagai Penghilang Bau pada Lateks dengan Metode Pirolisis', *Jurnal Teknik Kimia*, 17(8), pp. 41-48.
- Darmadji, P. (2002) 'Optimization of Liquid Smoke Purification by Redistillation Method', *Jurnal Teknol. dan Industri Pangan*, 13(3), pp. 267-271.
- Darmadji, P. et al. (2012) 'Inovasi Prototipe Produk Nanoenkapsulasi Biopreservatif Asap Cair Sebagai Pengawet Pangan Alami', in *Prosiding InSINas*, pp. 62-68.
- Davis, W.W. and Stout, T.R. (1971) 'Disc plate method of microbiological antibiotic assay. I. Factors influencing variability and error.', *Applied microbiology*, 22(4), pp. 659-665. Available at: <https://doi.org/10.1128/aem.22.4.659-665.1971>.
- Hartati, S., Darmadji, P. and Pranoto, Y. (2015) 'Penggunaan Asap Cair tempurung Kelapa Untuk Menurunkan Kadar Timbal (Pb) Pada Biji Kedelai (*Glycine max*)', *Jurnal Agritech*, 35(03), p. 331. Available at: <https://doi.org/10.22146/agritech.9345>.
- Lestari, Y.I., Idiawati, N. and Harlia (2015) 'Aktivitas Antibakteri Asap Cair Tandan Kosong Sawit Grade 2 yang Sebelumnya Diadsorpsi Zeolit Teraktivasi', *Jurnal Kimia Khatulistiwa*, 4(4), pp. 45-52.
- Mardiyana, Satriawan, D. and Prabowo, D. (2021) 'Pembuatan Asap Cair Grade A Berbahan Dasar Kulit Buah Nipah (*Nypa fruticarpa*) Berbasis Teknologi Cyclone Redestillation', *Jurnal Agroindustri*, 11(1), pp. 1-10. Available at: <https://doi.org/10.31186/j.agroindustri.11.1.1-10>.
- Martanto, M. (2016) 'Kajian Aspek Teknis Dan Finansial Usaha Rumah Tangga Briket Biomassa Dari Kulit Nipah Dengan Tempurung Kelapa', *Agriekonomika*, 5(1), p. 95. Available at: <https://doi.org/10.21107/agriekonomika.v5i1.1321>.
- Megawati (2017) 'pemanfaatan lignin dari lindi hitam kulit buah nipah sebagai perekat lignin', *Skripsi* [Preprint].
- Mulyadi A. F., Dewi I. A., Deoranto P. (2013) 'Pemanfaatan Kulit Buah Nipah untuk Pembuatan Briket Bioarang sebagai Sumber Energi Alternatif', *Jurnal Teknologi Pertanian*, 14(1), pp. 65-72.
- Nainggolan, W., Leksono T., S. (2017) 'Karakteristik Asap Cair Hasil Pirolisis dari Jenis Kayu Berbeda Dengan Pemurnian Cara Destilasi Untuk Bahan Pengawet Alami Produk Perikanan', *Perikanan dan ilmu kelautan*, 3(1), pp. 200-210.
- Novrizal, D. and Ulfah, D. (2018) 'Karakteristik Briket Arang Dari Campuran Kulit Sabut Buah Nipah (*Nypa fruticarpa*) dan Arang Alaban (*Vitex pubescens* Vahl)', *Jurnal Sylva Scientiae*, 01(2), pp. 204-214.
- Sahrum, R.P., Syaiful, Z.A. and Gazali, A. (2021) 'Uji Kualitas Asap Cair Dari Serbuk Gergaji Dan Tempurung Kelapa Dengan Metode Pirolisis', *Saintis*, 2(2), pp. 72-78. Available at: <https://repository.unibos.ac.id/xmlui/handle/123456789/4109%0Ahttps://repository>.

- unibos.ac.id/xmlui/bitstream/handle/123456789/4109/2018_Riska_Pratiwi_Sahrum_4513044033.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
- Sri Rahayu, T.E.P., Dwityaningsih, R. and Ulikaryani, U. (2022) 'Pengaruh Waktu Karbonisasi Terhadap Kadar Air dan Abu Serta Kemampuan Adsorpsi Arang Tempurung Nipah Teraktivasi Asam Klorida', *Infotekmesin*, 13(1), pp. 124–130. Available at:
<https://doi.org/10.35970/infotekmesin.v13i1.1027>.
- Suaib, N.F., Yermia and Agustina (2019) 'Pembuatan dan Analisis Komponen Kimia Asap Cair Kayu Gamal (*Gliricidia sepium*) Hasil Pemurnian Dengan Metode Destilasi Bertingkat', *Jurnal Sains dan Teknologi Pangan*, 4(1), pp. 1868–1878. Available at:
<http://ojs.uho.ac.id/index.php/jstp/article/view/5621>.
- Sumpono (2018) 'Uji Aktivitas Antioksidan dan Antibakteri Asap Cair Tempurung Kelapa Sawit', in *Seminar Nasional Pendidikan Sains*, pp. 171–178.
- Swastawati, F., Agustini, T.W., Darmanto, Y.S., Dewi, E.N. (2007) 'Liquid Smoke Performance of Lamtoro Wood and', *Journal of Coastal Development*, 10(3), pp. 189–196.
- Swastawati, F. and Romadhon (2020) 'Utilization of liquid smoke nanoencapsulation in fresh fish fillets as a preservation material', *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 530(1), pp. 1–9. Available at:
<https://doi.org/10.1088/1755-1315/530/1/012001>.
- Tamunaidu, P. and Saka, S. (2011) 'Chemical characterization of various parts of nipa palm (*Nypa fruticarpa*)', *Industrial Crops and Products*, 34(3), pp. 1423–1428. Available at:
<https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2011.04.020>.