

Pembuatan dan Karakterisasi Asap Cair dari Kayu Batang Kopi (*Coffea Sp*) serta Aplikasinya sebagai Koagulan Lateks

Noza Alika Puteri, Deni Agus Triawan*, Charles Banon, Ria Nurwidiyani

Didaftarkan: [20 Juni 2024]

Direvisi: [25 Juni 2024]

Terbit: [30 Juni 20234]

ABSTRAK: Asap cair merupakan uap hasil pembakaran suatu bahan baku yang dihasilkan dari proses pirolisis. Proses pirolisis akan menyebabkan terjadinya penguraian senyawa-senyawa penyusun kayu seperti lignin, selulosa, dan hemiselulosa. Penelitian ini bertujuan untuk membuat dan melakukan karakterisasi dari kayu batang kopi serta mengaplikasikannya sebagai koagulan lateks. Proses pirolisis dilakukan selama 6 jam yang menghasilkan asap cair sebesar 14,17%, memiliki warna coklat kehitaman dan berbau asap yang menyengat. Nilai pH yang didapatkan adalah $2,939 \pm 0,003$, kadar air pada asap cair sebesar 25,84%, dan kadar asam total sebesar $10,36 \pm 0,459\%$. Asap cair yang diaplikasikan sebagai koagulan lateks dengan berbagai konsentrasi 5%, 10%, dan 15% dan sebagai pembanding asam formiat 2% dan lateks tanpa perlakuan menghasilkan waktu koagulasi yang berbeda. Asap cair dengan konsentrasi 15% lebih cepat menggumpal dibandingkan dengan asam formiat yaitu berturut-turut 6,15 menit dan 9,10 menit, hal ini dikarenakan bahwa asap cair memiliki keasaman yang lebih tinggi. Dari hasil ini koagulan dengan asap cair konsentrasi 15% memiliki kemampuan lebih baik dari koagulan pembanding yaitu asam formiat. Hasil uji organoleptik pada koagulum menyatakan bahwa asap cair dapat mengubah bau busuk menjadi bau asap dengan tekstur yang dihasilkan menjadi padat, tetapi warna yang dihasilkan berwarna hitam. Penelitian ini menunjukkan bahwa asap cair kayu batang kopi dapat digunakan sebagai alternatif koagulan lateks.

PENDAHULUAN

Hasil dari perkebunan kopi memiliki banyak manfaat seperti biji kopi yang dapat dijadikan minuman karena mengandung senyawa kafein yang berguna sebagai penghilang rasa kantuk dan batang kopi yang dapat dimanfaatkan sebagai kayu bakar. Kayu batang kopi memiliki struktur yang sangat keras dan kuat serta memiliki kandungan senyawa lignin, selulosa dan senyawa lain. Oleh karena itu, kayu batang kopi bisa juga dijadikan sebagai sumber asap cair. Pada pembuatan asap cair, kayu keras lebih banyak digunakan karena menghasilkan aroma yang lebih unggul, dan lebih kaya kandungan senyawa aromatic [1].

Asap cair merupakan cairan dari suatu hasil kondensasi atau pengembunan dari uap hasil pembakaran yang mengandung senyawa penyusun utama asam, fenol, dan karbonil. Pembakaran bahan baku ini dilakukan dengan metode pirolisis. Pirolisis yaitu proses dekomposisi bahan pada suhu tinggi dengan udara yang terbatas. Proses ini juga sering disebut devolatilisasi. Produk yang dapat dihasilkan dari proses pirolisis yaitu arang, minyak, dan gas [2]. Bahan baku yang dapat digunakan pada pembuatan asap cair ini biasanya digunakan pada berbagai macam jenis kayu, bongkol kelapa sawit, tempurung kelapa, sekam padi, ampas, serbuk gergaji kayu dan lain sebagainya. bahan yang digunakan mengandung lignin, selulosa, hemiselulosa serta kandungan senyawa yang lain sehingga senyawa tersebut bersifat sebagai antibakteri, antioksidan, antimikroba [3].

Asap cair banyak digunakan pada industri sebagai pengawet makanan dan juga

dimanfaatkan sebagai koagulan lateks, antioksidan, antibakteri, anti rayap, anti jamur dan lain-lain [4]. Pada penelitian ini asap cair diaplikasikan sebagai pengkoagulan atau penggumpalan lateks. Lateks merupakan cairan berwarna putih yang diperoleh dari hasil penyadapan pohon karet.

Pada saat ini karet memiliki mutu yang masih rendah akibat tidak tersedianya koagulan yang baik dan ramah lingkungan, mudah didistribusikan, tidak merusak mutu karet, dan cara pengolahan yang kurang bersih. Bahan penggumpal yang relatif aman saat ini adalah asam formiat. Namun dengan alasan harga yang cukup mahal, ketersediaan bahan yang langka, dan penanganan yang sulit sehingga banyak petani tidak menggunakan asam formiat sebagai penggumpal [5]. Proses penggumpalan dapat terjadi sendiri yang dipengaruhi oleh gesekan, enzim, listrik panas, asam maupun zat penarik air. Penggumpalan lateks ini terjadi karena adanya kerusakan dari sistem koloid lateks. Terjadinya penggumpalan lateks ini jika muatan listrik diturunkan (dehidratasi), dilakukan penambahan elektrolit, dan diturunkan pH lateks dengan melakukan penambahan asam H^+ [6].

Pada pembuatan asap cair dari cangkang biji karet dan aplikasinya sebagai koagulan lateks oleh Suaib *et al.* (2019) [7] Pirolisis dilakukan pada suhu $250^{\circ}C$. Hasil rendemen yang di dapatkan paling tinggi pada waktu 120 menit pembakaran, semakin lama proses pirolisis semakin tinggi rendemen. Derajat keasaman (pH) dari hasil penelitiannya adalah 3,3 dan kadar asam asetat sebanyak 9,8% pada waktu 120 menit. Pada pengaplikasian ini asap cair yang digunakan sebanyak 5 mL kemudian dicampurkan dengan 100 mL Lateks. Cangkang biji karet ini sangat berpotensi sebagai koagulan dengan waktu penggumpalan antara 375-440 detik. Berdasarkan hasil yang diperoleh pada pembuatan asap cair cangkang biji karet, peneliti tertarik untuk meningkatkan kualitas bahan penggumpal lateks dengan menggunakan asap cair dari kayu batang kopi dengan melakukan karakterisasi terhadap warna, bau, pengukuran pH, kadar air, penentuan rendemen asap cair, dan penentuan total asam pada asap cair. Dengan harapan, asap cair yang dihasilkan dapat memberikan kualitas yang lebih unggul dan lebih baik.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Asap Cair

Warna asap cair sangat bergantung pada komposisi penyusun dari kayu sebagai sampel, dari hasil pengamatan warna asap cair yang didapatkan pada pirolisis kayu batang kopi ini memiliki warna coklat kehitaman yang dapat dilihat pada (Gambar 1). Warna asap cair ini sama dengan asap cair kulit kopi pada penelitian Saepul *et al.*, (2022) [8] yang menghasilkan warna coklat kehitaman dalam konsentrasi asap cair 100%. Sedangkan pada penelitian Adfa *et al.*, (2020) [9] yang menunjukkan bahwa hasil pirolisis asap cair dari kayu gadis memiliki warna coklat kekuningan.

Asap cair yang dihasilkan memiliki bau asap yang sangat menyengat dan sedikit berbau kopi. Bau asap yang terbentuk sebagian besar dipengaruhi oleh adanya senyawa fenol dan karbonil dan sebagian kecil dipengaruhi dengan asam [10]. Bau yang dihasilkan

ini sama dengan penelitian yang telah dilakukan oleh Saepul *et al.*, (2022) [8] yaitu pada asap cair kulit kopi memiliki bau yang sangat menyengat sesuai dengan karakteristik kopi.



Gambar 1. Asap cair yang dihasilkan dari pirolisis kayu batang kopi

Kadar air asap cair ditentukan menggunakan Natrium sulfat (Na_2SO_4) anhidrat yang bersifat higroskopik sehingga dapat menyerap air dan kelembapan. Dari hasil penelitian, kadar air yang ada pada asap cair kayu batang kopi ini sebesar 25,84%. Pada pembuatan asap cair dari kayu akasia dengan pembakaran pada suhu 200°C memiliki kadar air sekitar 25-30%, kadar air yang terkandung di dalam asap cair ini cukup besar ini dikarenakan air menguap dan terkondensasi [11].

Nilai pH yang terkandung dalam asap cair ini dipengaruhi asam asetat dan asam-asam lainnya. Kadar fenol juga mempengaruhi nilai pH karena karakter asam yang dimiliki fenol memiliki pengaruh pada cincin aromatis [12]. Nilai pH asap cair yang dihasilkan dari pengukuran menggunakan pH meter adalah $2,939 \pm 0,003$. Nilai pH asap cair ini lebih rendah dibandingkan dengan penelitian Adfa *et al.*, (2020) [9] menyatakan bahwa nilai pH dari asap cair kayu gadis adalah 3,57. Berdasarkan penelitian Adfa *et al.*, (2017) [13] nilai pH yang didapatkan pada asap cair kayu suren adalah sebesar 3,25.

Rendemen asap cair diperoleh dengan membandingkan antara berat jumlah hasil pirolisis dengan berat awal bahan yang dipirolisis. Hasil penelitian menunjukkan bahwa rendemen asap cair dari kayu batang kopi sebesar 14,17%. Hasil rendemen asap cair kayu batang kopi cenderung lebih rendah jika dibandingkan dengan asap cair jenis kayu keras lainnya. Pada saat proses pembakaran berlangsung, jumlah asap cair mengalami peningkatan semakin lama waktu dan suhu yang digunakan. Hal ini terjadi karena pada suhu yang tinggi dekomposisi bahan akan lebih sempurna sehingga menghasilkan rendemen asap cair yang lebih tinggi [12].

Nilai kandungan total asam pada kayu batang kopi yaitu sebesar $10,63 \pm 0,459\%$. Keasaman asap cair sejalan dengan nilai pH yang diukur, dimana semakin rendah nilai pH semakin tinggi nilai asam total yang didapatkan pada asap cair. Sebaliknya, semakin tinggi nilai pH maka nilai asam total akan rendah. Hasil ini hampir sama pada penelitian Adfa *et al.*, (2017) [13] menyatakan bahwa nilai asam pada asap cair kayu suren adalah sebesar 10,897%. Kandungan asam yang dihasilkan pada saat pembakaran ini disebabkan karena

tingginya suhu pirolisis dan lama waktu pirolisis, akan menyebabkan semakin besar panas pembakaran serbuk gergaji untuk menguraikan hemiselulosa dan selulosa berubah menjadi komponen-komponen senyawa yang bersifat asam terutama asam asetat [6].

Aplikasi Asap Cair Sebagai Koagulan Lateks

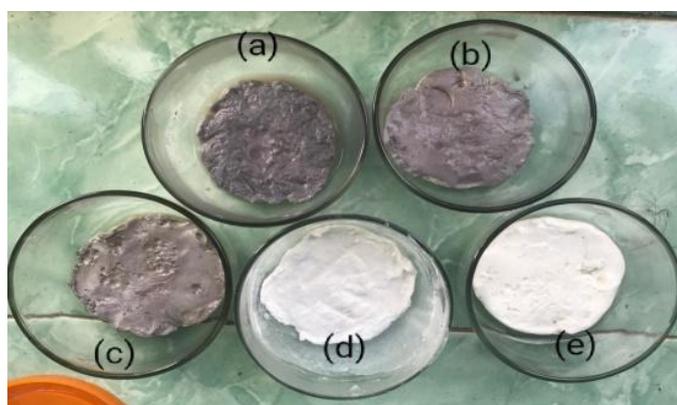
Pada proses pengaplikasian asap cair dengan konsentrasi 5%, 10%, 15%, asam formiat 2%, dan lateks murni tanpa perlakuan lama waktu yang dibutuhkan saat penggumpalan dapat dilihat pada (Tabel 1).

Tabel 1. Waktu Penggumpalan Lateks

Perlakuan	Waktu Penggumpalan
5%	35 menit
10%	24,15 menit
15%	6,15 menit
Asam Formiat 2%	9,10 menit
Tanpa Perlakuan	190,20 menit

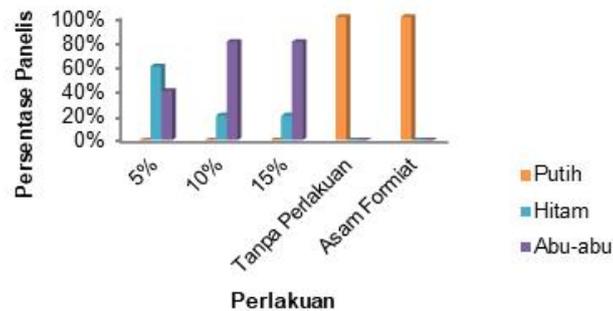
Asap cair dengan konsentrasi 15% mempunyai waktu yang paling cepat untuk menggumpal jika dibandingkan dengan asap cair 5%, 10%, dan begitu juga bila dibandingkan dengan asam formiat sebagai kontrol. Hal ini disebabkan karena semakin rendah pH asap cair, maka pH lateks akan semakin cepat turun hingga mencapai titik iso elektriknya, sehingga proses koagulasi terjadi lebih cepat. Penggumpalan lateks cair dapat disebabkan karna adanya penurunan pH. Salah satu penyebab turunnya pH lateks cair adalah dengan penambahan asam [14].

Keadaan koagulum pada awal penggumpalan berwarna putih, tekstur lembut, dan berbau asap. Perlahan-lahan keadaan koagulum terjadi perubahan warna dari putih menjadi abu-abu atau hampir hitam, bertekstur cukup padat, dan tetap berbau asap. Koagulum tersebut dapat dilihat pada (Gambar 2) berikut:



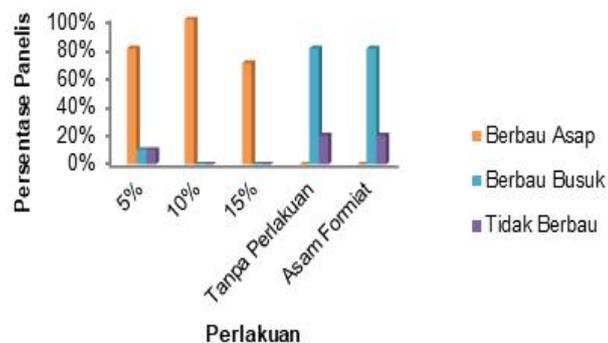
Gambar 2. Warna Koagulum

Warna merupakan parameter organoleptik yang penting, karena merupakan sifat sensoris yang pertama kali dilihat oleh konsumen. Hasil uji organoleptik warna pada koagulum untuk masing-masing perlakuan asap cair dapat dilihat pada (Gambar 3).



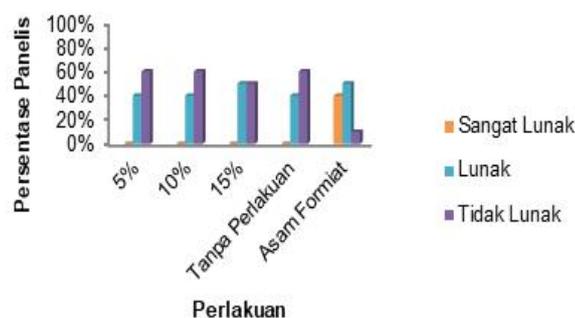
Gambar 3. Grafik Uji organoleptik pada Koagulum

Bau atau aroma merupakan respon indra pencium yang diakibatkan oleh menguapnya zat atau senyawa suatu produk ke udara sehingga dapat direspon oleh indra pencium yaitu hidung. Pengujian terhadap bau ini penting karena bau ini dapat digunakan sebagai indikator terjadinya kerusakan pada produk. Hasil uji organoleptik pada bau dapat dilihat pada (Gambar 4).



Gambar 4. Grafik Uji Organoleptik Bau Pada Koagulum

Tekstur adalah sifat fisik yang dapat dirasa oleh perabaan. Hasil uji organoleptik pada tekstur koagulum dapat dilihat pada (Gambar 5).



Gambar 5. Grafik Uji Organoleptik Tekstur Pada Koagulum

KESIMPULAN

Hasil pirolisis asap cair dari kayu batang kopi menghasilkan rendemen sebesar 14,17%. Karakteristik asap cair kayu batang kopi berwarna coklat kehitaman, berbau asap dan aroma yang sangat menyengat, memiliki nilai pH sebesar $2.939 \pm 0,003$, dan kadar asam total sebesar $10,63 \pm 0,459\%$. Asap cair dari kayu batang kopi dapat digunakan sebagai koagulan pada lateks.

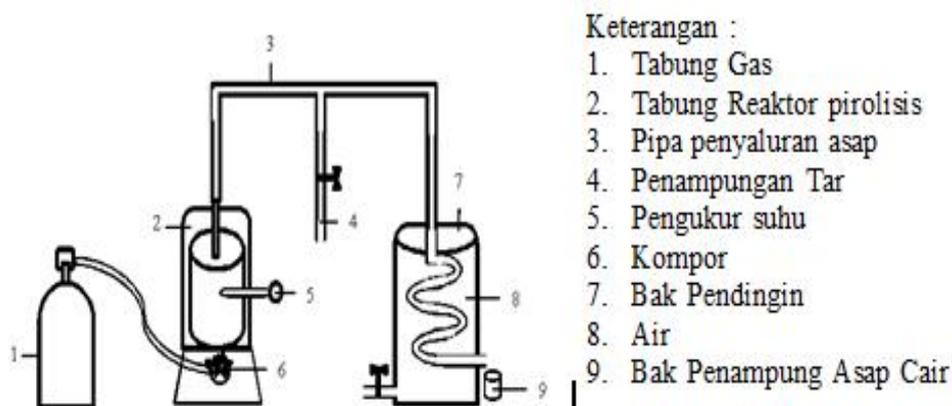
PROSEDUR PENELITIAN

Bahan dan Peralatan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah kayu batang kopi, cairan murni lateks, aquadest, larutan buffer asam, asam oksalat, asam formiat, Na_2SO_4 anhidrat, indikator phenoftalein (PP), dan NaOH 0,01 N. Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah reaktor untuk pirolisis, neraca analitik, bola hisap, buret dan statif, Erlenmeyer, labu ukur, gelas ukur, regulator, gas LPG, pipet tetes, pH meter, corong, gunting, pipet ukur, gelas *beaker*, botol kaca, botol plastik, botol semprot, kertas saring, *stopwatch* dan pengaduk.

Proses Pembuatan Asap Cair

Kayu batang kopi yang sudah kering dan dipotong kecil kecil ditimbang sebanyak 1 kg lalu dimasukkan ke dalam tabung reaktor pirolisis. Pirolisis ini dilakukan selama 6 jam. Rangkaian alat kondensasi dipasang, pipa aliran pada tabung pendingin diisi dengan air. Kemudian dinyalakan api kompor untuk melakukan pembakaran tabung reaktor. Bahan di dalam tabung reaktor akan panas lalu mengalami proses pirolisis. Asap akan masuk pada pipa aliran menuju ke dalam kondensor lalu asap cair akan keluar dan ditampung dengan bak penampung. Skema rancangan alat pirolisis kayu batang kopi dapat dilihat pada (Gambar 6).



Gambar 6. Skema Alat Pirolisis

Uji Bau dan warna

Uji bau pada sampel dilakukan dengan indra penciuman (hidung) tanpa menggunakan alat bantu lainnya. Uji warna pada sampel dilakukan secara visual hanya menggunakan indra penglihatan (mata) tanpa memerlukan alat bantu.

Uji Kadar Air

Uji kadar air ini dilakukan dengan mengambil 10 ml setelah ditimbang seberat (10,2702 gram) asap cair dimasukkan ke dalam gelas piala, kemudian ditimbang Na_2SO_4 anhidrat sebanyak 2 gram lalu dimasukkan ke dalam gelas piala yang sudah berisi dengan asap cair. Kemudian diaduk sampai tercampur. Setelah tercampur, larutan disaring lalu ditimbang dan dihitung kadar air dengan menggunakan rumus menurut Khamidah *et al.*, (2019) [14] sebagai berikut.

$$\text{Kadar air (\%)} = \frac{B-C}{B} \times 100\% \quad (1)$$

Keterangan: B = Berat sampel awal (g)
C = Berat sampel akhir (g)

Uji pH

Pengukuran pH ini dilakukan dengan pH meter. Sebelum pH meter digunakan, dilakukan kalibrasi dengan larutan *buffer* terlebih dahulu. Kemudian pH meter dicelupkan ke dalam asap cair, kemudian dicatat nilai dari pH meter yang diperoleh.

Penentuan Rendemen Asap Cair

Asap cair yang telah didapatkan dimasukkan ke dalam gelas *Beaker*. Kemudian asap cair ditimbang dan hasil penimbangan dicatat. Sehingga rendemen asap cair dapat dihitung dengan rumus berikut menurut Jaya *et al.*, (2019) [15].

$$\text{Rendemen} = \frac{\text{Massa asap cair yang diperoleh (gram)}}{\text{Massa berat bahan baku sebelum diolah (gram)}} \times 100\%$$

Penentuan Kadar Asam Total

Pengukuran kadar asam total dilakukan dengan menggunakan metode titrasi. Langkah awal adalah asap cair yang dihasilkan dari pirolisis kayu batang kopi dipipet sebanyak 1 ml lalu dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL lalu ditambahkan akuades sampai tanda batas. Kemudian larutan ditimbang sebanyak 1 gram. Lakukan pengulangan sebanyak 3 kali dengan dimasukkan ke dalam 3 buah labu Erlenmeyer, kemudian ditambahkan 3 tetes indikator *phenoftalein* (PP) lalu dititrasi menggunakan larutan NaOH 0,01 N sampai larutan berada pada titik akhir titrasi ditandai dengan adanya perubahan warna merah muda keunguan. Volume NaOH yang dipakai pada proses titrasi dicatat sebagai data untuk melakukan perhitungan. Kadar asam total dapat dihitung menggunakan rumus menurut Sitanggang & Sigalingging (2019) [16].

$$\text{Kadar Asam Total (\%)} = \frac{(\text{V NaOH} \times \text{N NaOH} \times \text{BM Asam Asetat}) \times \text{FP}}{\text{Berat sampel} \times 1000} \times 100\%$$

Keterangan :

V NaOH = Volume yang terpakai (mL)

N NaOH = Normalitas (0,01 N)

BM Asam Asetat = (60 g/mol)

FP = Faktor Pengenceran

Pengujian Organoleptik Koagulum

Uji organoleptik ini adalah cara yang digunakan untuk menilai mutu suatu bahan pangan serta mengetahui perolehan kualitas dari suatu produk dan penelitian ini dapat memberi rangsangan terhadap organ tubuh. Pengujian organoleptik ini melibatkan 10 orang panelis dari mahasiswa yang di minta untuk melakukan uji organoleptik terhadap produk asap cair. Pada masing-masing koagulum diberikan kode berupa huruf pada sampel yang disajikan secara acak. Selanjutnya panelis mengamati sampel dari warna, bau, dan tekstur. Kemudian peneliti membuat grafik hasil dari kesukaan pada koagulum dari setiap panelis.

■ DEKLARASI

Para Penulis tidak memiliki konflik dalam hal penulisan dan pendanaan.

■ PERSANTUNAN

Terima kasih kepada Jurusan Kimia FMIPA Universitas Bengkulu yang telah menyediakan fasilitas untuk melakukan penelitian.

■ INFORMASI TENTANG PENULIS

Penulis Rujukan:

Deni Agus Triawan
Program Studi D3 Laboratorium Sains, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Bengkulu

Para Penulis

Noza Alika Puteri, Charles Banon, Ria Nurwidiyani
Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Bengkulu
Jl. WR. Supratman Kelurahan Kandang Limun, Muara Bangkahulu, Kota Bengkulu, Provinsi
Bengkulu

Deni Agus Triawan
Program Studi D3 Laboratorium Sains, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Bengkulu
Jl. WR. Supratman Kelurahan Kandang Limun, Muara Bangkahulu, Kota Bengkulu, Provinsi
Bengkulu

PUSTAKA

- [1] Setiawati, E. (2014). Pengaruh Redestilasi Cuka Kayu Galam (*Melaleuca leucadendron* Linn) terhadap Pengawetan Ikan. *Jurnal Riset Industri Hasil Hutan*, 6(2), 13–22.
- [2] Slamet, S. (2015). Studi Eksperimen Pemilihan Biomassa Untuk Memproduksi Gas Asap Cair (*Liquid Smoke Gases*) sebagai Bahan Pengawet. *Jurnal Simetris*, 6(1), 189–196.
- [3] Hendra, D., Waluyo, T. K., & Sukanandi, A. (2014). Karakterisasi dan Pemanfaatan Asap Cair dari Tempurung Buah Bintaro (*Carbera Manghas* Linn.). *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, 32(1), 27–35.
- [4] Yulita, E. (2012). Pengaruh Asap Cair Serbuk Kayu Limbah Industri. *Jurnal Riset Industri*, VI(1), 13–22.
- [5] Harahap, D. (2019). Aplikasi Buah Mengkudu (*Morinda Citrifolia* L) Sebagai Bahan Koagulan Alami pada Lateks di Desa Air Putih Kecamatan Putri Hijau Kabupaten Bengkulu Utara. *AGRITEPA*, V(2), 187–197.
- [6] Sari, T. I., Dewi, R. U., & Hengky. (2009). Pembuatan Asap Cair dari Limbah Serbuk Gergajian Kayu Meranti sebagai Penghilang Bau Lateks. *Jurnal Hasil Riset*, 16(1).
- [7] Suaib, N. F., Yermia, & Agustina. (2019). Pembuatan dan Analisis Komponen Kimia Asap Cair Kayu Gamal (*Gliricidia Sepium*) Hasil Pemurnian dengan Metode Destilasi Bertingkat. *J. Sains Dan Teknologi Pangan*, 4(1), 1868–1878.
- [8] Saepul, A. I., Pitrianingsih, S., Sodikin, A., Fadhila, F., Maryana, Y., & Rumidatul, A. (2022). Efektivitas Asap Cair Kulit Kopi (*Coffea Sp*) sebagai Antiseptik Terhadap Mikroba secara In Vitro dan In Vivo. *Jurnal Kedokteran Dan Kesehatan*, 5(1), 21–33.
- [9] Adfa, M., Romayasa, A., Juliari, A., Avidlyandi, A., Yudha, S., Banon, S. C., & Gustian, I. (2020). Chemical Components, Antitermite and Antifungal Activities of *Cinnamomum parthenoxylon* Wood Vinegar 1. *J. Korean Wood Sci. Technol*, 48(1), 0–2.
- [10] Darmadji, P. (1996). Aktivitas Antibakteri Asap Cair yang Diproduksi dari Berbagai-bagai Limbah Pertanian, *Agritech*, 16(4), (pp. 19–22).
- [11] Surest, A. H., Reza, M. S., & Priyayi, D. (2013). Pembuatan Asap Cair dari Kayu Akasia dan Uji Awal Kemampuannya sebagai Bahan Bakar Cair. *Jurnal Teknik Kimia*, 19(4), 38–44.
- [12] Maulina, S., & Putri, F. S. (2017). Pengaruh Suhu, Waktu, dan Kadar Air Bahan Baku Terhadap Pirolisis Serbuk Pelepah Kelapa Sawit. *Jurnal Teknik Kimia*, 6(2), 35–40.
- [13] Adfa, M., Kusnanda, A. J., Saputra, W. D., Banon, C., Efdi, M., & Koketsu, M. (2017). Termiticidal Activity of *Toona Sinensis* Wood Vinegar Against *Coptotermes Curvignathus holmgren*. *Journal Chem RASAYAN*, 10(4), 1088–1093.
- [14] Khamidah, S., Swastawati, F., & Romadhon. (2019). Efek Perbedaan Lama Perendaman Asap Cair Kulit Durian Terhadap Kualitas Ikan Manyung (*Arius thalassinus*) Asap. *Jurnal Ilmu Dan Teknologi Pangan (ITEPA)*, 1(1).
- [15] Jaya, J. D., Sandri, D., & Setiawan, A. (2019). Pembuatan Asap Cair dari Cangkang Biji Karet dan Aplikasinya Sebagai Koagulan Lateks. *Jurnal Teknologi Agro-Industri*, 6(2), 100–107.
- [16] Sitanggang, D. R., & Sigalingging, R. (2019). Uji Karakteristik Asap Cair Sekam Padi Pada alat Pirolisis Plastik-Sekam Padi. *Jurnal Rekayasa Pangan Dan Pertanian*, 6(4), 787–794.