

# PEMURNIAN ASAP CAIR TEMPURUNG KELAPA DENGAN BERBAGAI JENIS ADSORBEN DAN TINGKAT PENGECERAN UNTUK MENINGKATKAN AKTIVITAS BIOPESTISIDA ALAMI

Guntur Putra Wibawa dan Khalimatus Sa'diyah

Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Malang, Jl. Soekarno Hatta No. 9, Malang 65141, Indonesia  
gp33696@gmail.com; [khalimatus.s@polinema.ac.id]

## ABSTRAK

Asap cair tempurung kelapa berpotensi digunakan sebagai biopestisida alami karena mengandung senyawa fenol, asam organik, dan karbonil yang bersifat antimikroba serta insektisida. Namun, keberadaan tar dan senyawa pengotor pada asap cair mentah menurunkan efektivitasnya. Penelitian ini bertujuan meningkatkan kualitas fisikokimia dan efektivitas biopestisida asap cair melalui pemurnian dengan berbagai jenis adsorben dan variasi konsentrasi pengenceran. Proses pemurnian dilakukan dengan aktivasi adsorben (karbon aktif, batu apung, dan zeolit) menggunakan HCl 0,5 N, diikuti adsorpsi, distilasi pada suhu 100–125 °C, serta pengenceran pada konsentrasi 2%, 4%, dan 6%. Hasil menunjukkan bahwa asap cair yang dimurnikan dengan karbon aktif menghasilkan kadar asam tertinggi (72,06%), viskositas terendah (0,840 cP), dan pH 1,14, dengan tingkat mortalitas hama mencapai 100% pada konsentrasi 4% di hari ketiga. Zeolit memberikan kadar fenolik total tertinggi (1,577%) namun tidak diikuti peningkatan mortalitas, sedangkan batu apung menunjukkan viskositas tertinggi dengan hasil mortalitas yang tidak konsisten. Kombinasi karbon aktif dan konsentrasi pengenceran 4% diidentifikasi sebagai kondisi optimum. Hasil penelitian ini memberikan dasar ilmiah bagi pengembangan biopestisida asap cair yang efektif, ramah lingkungan, dan aplikatif dalam pertanian berkelanjutan.

**Kata kunci:** *asap cair, biopestisida, adsorben, konsentrasi, Acheta domestica*

## ABSTRACT

Coconut shell liquid smoke has the potential to be used as a natural biopesticide because it contains phenolic compounds, organic acids, and carbonyls that have antimicrobial and insecticidal properties. However, the presence of tar and impurities in raw liquid smoke reduces its effectiveness. This study aims to improve the physicochemical quality and effectiveness of liquid smoke biopesticide through purification with various types of adsorbents and varying dilution concentrations. The purification process was carried out by activating the adsorbent (activated carbon, pumice, and zeolite) using 0.5 N HCl, followed by adsorption, distillation at 100–125 °C, and dilution at concentrations of 2%, 4%, and 6%. The results showed that liquid smoke purified with activated carbon produced the highest acid content (72.06%), the lowest viscosity (0.840 cP), and a pH of 1.14, with a pest mortality rate reaching 100% at a concentration of 4% on the third day. Zeolite provided the highest total phenolic content (1.577%) but was not accompanied by an increase in mortality, while pumice showed the highest viscosity with inconsistent mortality results. The combination of activated carbon and a 4% dilution concentration was identified as the optimum condition. The results of this study provide a scientific basis for the development of an effective, environmentally friendly, and applicable liquid smoke biopesticide in sustainable agriculture.

**Keywords:** *liquid smoke, biopesticide, adsorbent, concentration, Acheta domestica*



## 1. PENDAHULUAN

Kebutuhan akan sistem pertanian yang berkelanjutan dan ramah lingkungan mendorong inovasi dalam teknologi pengendalian hama yang menggunakan bahan alami. Penggunaan biopestisida kini menjadi salah satu pilihan yang semakin populer karena dianggap lebih aman bagi kesehatan manusia, tidak mencemari lingkungan, serta memiliki tingkat degradasi biologis yang lebih cepat dibandingkan dengan pestisida sintetis [1]. Salah satu sumber bahan alami yang memiliki potensi untuk dijadikan biopestisida adalah asap cair yang dihasilkan dari proses pirolisis biomassa, seperti tempurung kelapa.

Asap cair yang dihasilkan dari tempurung kelapa mengandung berbagai senyawa aktif, termasuk fenol, asam organik, dan senyawa karbonil, yang telah terbukti memiliki sifat antimikroba, antifungi, dan insektisida [2]. Senyawa fenol bekerja dengan merusak struktur protein dan membran sel serangga, sementara asam organik dapat menurunkan pH tubuh serangga ke tingkat yang mematikan. Di sisi lain, senyawa karbonil mengganggu sistem pernapasan serta metabolisme hama [3]. Namun, asap cair yang dihasilkan dari pirolisis mentah masih mengandung tar serta senyawa pengotor lainnya yang dapat mengurangi efektivitasnya atau bahkan berpotensi membahayakan tanaman. Oleh karena itu, proses pemurnian diperlukan untuk meningkatkan kualitas dan efektivitas asap cair sebagai biopestisida.

Salah satu teknik umum dalam pemurnian asap cair adalah adsorpsi, yang biasanya diikuti oleh proses distilasi, seperti pada penelitian oleh Al Farizi, dkk terkait pengaruh jenis dan rasio penambahan adsorben pada pemurnian asap cair [4]. Variasi jenis adsorben yang diaplikasikan dalam tahap ini berperan signifikan terhadap komposisi akhir asap cair yang dihasilkan. Adsorben seperti karbon aktif, zeolit, dan batu apung memiliki perbedaan karakteristik pada struktur pori serta luas permukaan spesifik, sehingga menunjukkan kemampuan selektif dalam menyerap komponen tertentu dari asap cair. Perbedaan sifat fisik dan kimia adsorben tersebut menjadi faktor krusial yang menentukan efektivitas akhir asap cair sebagai agen pestisida [4]. Konsentrasi pengenceran asap cair juga merupakan faktor krusial dalam penerapannya. Konsentrasi yang berlebihan dapat mengakibatkan fitotoksisitas pada tanaman, sedangkan jika terlalu rendah mungkin tidak memadai untuk menghasilkan efek toksik terhadap hama. Oleh karena itu, pengujian pada berbagai tingkat pengenceran sangat diperlukan untuk menentukan dosis optimum yang efektif namun tetap aman digunakan dalam lingkungan pertanian.

Meski sudah banyak penelitian yang membahas penggunaan asap cair sebagai biopestisida seperti penelitian terdahulu oleh A. Nugroho dan I. Aisyah yang mengaplikasikan asap cair tempurung kelapa sebagai biopestisida untuk benih tanaman, masih terdapat sedikit studi yang secara khusus membandingkan dampak dari berbagai jenis adsorben terhadap pemurnian asap cair serta variasi konsentrasi pengenceran asap cair terhadap efektivitasnya dalam membunuh hama [5]. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi kombinasi parameter optimum dalam menghasilkan biopestisida berbasis asap cair yang efektif, ramah lingkungan, aplikatif dalam pertanian berkelanjutan, serta memiliki risiko minimal terhadap tanaman.

## 2. METODOLOGI PENELITIAN

Pembuatan produk biopestisida dari asap cair dilakukan melalui tahapan pemurnian dengan metode adsorpsi dan distilasi. Prosesnya meliputi persiapan bahan baku, dilanjutkan dengan tahap adsorpsi menggunakan tiga jenis adsorben yang berbeda (batu apung, zeolit, dan karbon aktif), kemudian dilakukan distilasi untuk memperoleh produk biopestisida. Setelah itu, biopestisida diencerkan pada konsentrasi 2%, 4%, dan 6% guna mengetahui dampak konsentrasi terhadap tingkat kematian hama. Produk akhir biopestisida selanjutnya dianalisis untuk menilai kualitasnya.

### 2.1. Aktivasi Adsorben

Bahan baku yang digunakan untuk penelitian ini adalah asap cair tempurung kelapa *grade* 3 yang dihasilkan dari proses pirolisis sebanyak 500ml. Kemudian terdapat 3 jenis adsorben yaitu batu apung, zeolit, dan karbon aktif. Ketiga adsorben tersebut perlu diaktivasi yang diawali dengan menimbang sejumlah 15% dari total asap cair, ketiga jenis adsorben tersebut masing-masing direndam dalam 250 mL HCL 0,5 N selama 2 jam, lalu dilakukan penyaringan kemudian dibilas hingga pH netral. Adsorben yang telah netral dikeringkan hingga massa konstan [4].

### 2.2. Pemurnian Tahap Adsorpsi

*Crude* asap cair dimurnikan pada tahap pertama melalui proses adsorpsi. Proses adsorpsi dilakukan dengan mengalirkan asap cair *grade* 3 dengan volume tetap melalui adsorben yang telah disusun dalam wadah botol bekas dengan susunan lapisan kapas pada bagian bawah kemudian adsorben pada bagian tengah dan kapas pada bagian atas. Asap cair yang telah melalui proses adsorpsi ditampung pada erlenmeyer yang berbeda untuk setiap jenis adsorben.

### 2.3. Pemurnian Tahap Distilasi

Pemurnian tahap kedua asap cair dilakukan dengan proses distilasi untuk memisahkan pengotor dan komponen utama yang digunakan untuk biopestisida yaitu asam, proses distilasi dilakukan selama 3 jam dengan setting temperature 100-125°C [4]. Kemudian asap cair yang telah didistilasi dilakukan pengenceran dengan konsentrasi 2%, 4%, dan 6% menggunakan aquades pada masing-masing jenis adsorben yang digunakan.

### 2.4. Analisa Asap Cair

*Crude* asap cair yang telah melalui proses distilasi dianalisa untuk memastikan bahwa *crude* asap cair siap digunakan sebagai biopestisida dengan kandungan asam dan fenolik yang dominan.

#### a) Analisa kadar asam

Analisa kadar asam diawali dengan mencampurkan 1ml sampel asap cair pada aquades hingga volume 100ml. Larutan tersebut diambil 20ml dan ditambahkan indikator PP sebanyak 3 tetes lalu dititrasi dengan NaOH 0,1N sampai berwarna merah muda, kemudian volume titran dicatat, dan dihitung kadar asamnya dengan persamaan berikut[6]:

$$\text{Kadar Asam Total (\%)} = \frac{(V_{NaOH} \times M_{NaOH} \times BM_{Asam\ Asetat})}{V_{sampel}} \times 100\% \quad (1)$$

Keterangan

V = volume

M = konsentrasi

BM = berat molekul

b) Analisa kadar fenolik total

Penetapan kadar fenol menggunakan metode Folin-Ciocalteu dengan asam galat (GAE) sebagai standar [7]. Diawali dengan pembuatan larutan baku asam galat kemudian larutan  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  20%, dilanjutkan dengan pembuatan kurva kalibrasi, lalu sampel diuji kadar fenolik total menggunakan alat Spektrofotometri UV-Vis dengan persamaan sebagai berikut:

$$\text{TPC} = C \times \frac{V}{g} \times 100\% \quad (2)$$

Keterangan

TPC = kadar fenolik total

C = konsentrasi hasil dari kurva standar gallic acid (mg/mL)

V = volume sampel (mL)

g = berat sampel (g)

c) Analisa viskositas

Viskositas dianalisa menggunakan alat viscometer ostwald dengan ukuran kapiler 200, dengan mengikuti prosedur standar yang berlaku.

d) 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 sampel, kemudian dicatat nilai dari pH meter yang diperoleh [6].

e) Uji mortalitas hama

Uji dilakukan dengan menggunakan sampel hama jangkrik yang memiliki jumlah dan umur yang sama untuk setiap perlakuan pengenceran biopestisida (2%, 4%, dan 6%). Setiap kelompok hama ditempatkan dalam wadah tertutup yang berventilasi, kemudian disemprot dengan larutan biopestisida sesuai konsentrasi secara merata sebelum wadah ditutup. Pengamatan dilakukan selama tiga hari, dan jumlah hama yang mati pada masing-masing perlakuan dicatat untuk dianalisis.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1. Pengaruh Jenis Adsorben terhadap Kualitas Fisikokimia Asap Cair

Adsorpsi merupakan salah satu tahap krusial dalam proses pemurnian asap cair karena berperan dalam menghilangkan senyawa-senyawa pengotor seperti tar, resin, dan komponen aromatik berat yang dapat menurunkan kualitas produk. Melalui proses ini, komponen berbahaya diserap oleh media adsorben sehingga dihasilkan asap cair dengan komposisi kimia yang lebih murni dan stabil untuk berbagai aplikasi, termasuk sebagai biopestisida alami. Pemilihan jenis adsorben menjadi faktor penting karena masing-masing material memiliki karakteristik porositas, luas permukaan, dan gugus fungsional yang berbeda, yang secara langsung memengaruhi kadar asam, kandungan fenolik, viskositas, dan pH asap cair yang dihasilkan [4].

Bagian ini membahas pengaruh jenis adsorben, yaitu karbon aktif, batu apung, dan zeolit, terhadap kualitas fisikokimia asap cair tempurung kelapa. Hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi jenis adsorben memberikan perbedaan nyata terhadap karakteristik kimia asap cair hasil pemurnian. Parameter kualitas fisikokimia yang dianalisis

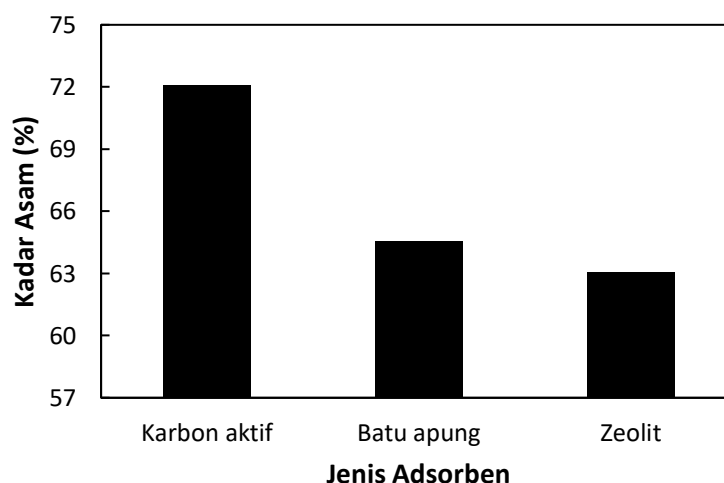
meliputi kadar asam, kadar fenolik total, viskositas, dan pH, sebagaimana disajikan pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Data hasil penelitian kualitas asap cair

No	Jenis Adsorben	Parameter Kualitas			
		Kadar Asam (%)	Kadar Fenolik Total (%)	Viskositas (mm <sup>2</sup> /s)	pH
1	Karbon aktif	72,06	0,722	0,840	1,14
2	Batu apung	64,55	0,489	0,952	1,03
3	Zeolit	63,05	1,577	0,860	1,61

#### a. Pengaruh Jenis Adsorben Terhadap Kadar Asam

Kadar asam adalah ukuran banyaknya senyawa asam yang terkandung dalam suatu bahan, biasanya dinyatakan dalam bentuk persentase (%) atau satuan konsentrasi tertentu. Kadar ini menggambarkan jumlah total asam bebas maupun terikat yang dapat memengaruhi sifat kimia, rasa, serta aktivitas biologis suatu larutan. Kadar asam dalam asap cair memiliki dampak yang signifikan terhadap efektivitasnya sebagai biopestisida, berkat sifat antimikroba yang dimilikinya serta kemampuannya untuk merusak struktur sel hama[2]. Oleh karena itu penting dilakukan analisa kadar asam pada asap cair untuk mengetahui seberapa efektif biopestisida dalam mematikan hama. Penelitian ini menghasilkan data pengaruh antara jenis adsorben pada pemurnian asap cair terhadap kadar asam, seperti yang tercantum pada Gambar 1 berikut.



**Gambar 1.** Pengaruh jenis adsorben terhadap kadar asam

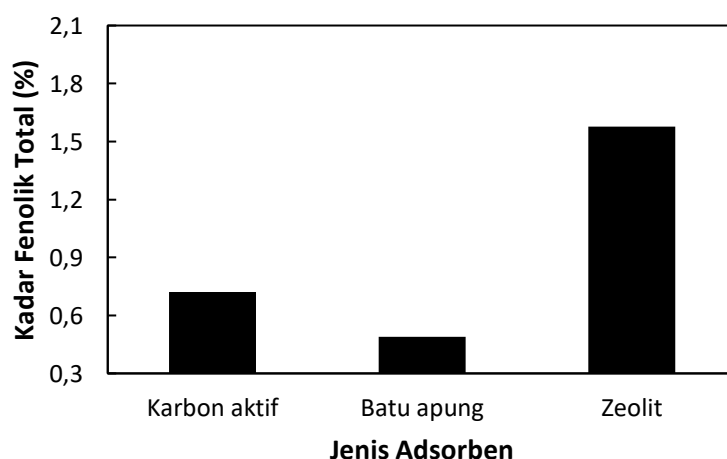
Berdasarkan data yang terdapat pada Tabel 1, asap cair yang menggunakan adsorben karbon aktif menunjukkan kadar asam tertinggi, yaitu 72,06%. Tingginya kadar asam pada perlakuan karbon aktif dapat dijelaskan melalui sifat fisik dan kimianya. Karbon aktif memiliki luas permukaan yang sangat tinggi (umumnya antara 500–3000 m<sup>2</sup>/g), serta struktur mikropori yang dominan, yang mendukung kapasitas adsorpsi yang superior terhadap berbagai molekul namun justru cenderung mempertahankan senyawa asam

dalam cairan karena selektivitasnya terhadap senyawa non-polar atau besar lebih tinggi, sementara senyawa polar seperti asam organik cenderung tetap berada dalam larutan [8]. Hal ini menyebabkan konsentrasi asam tetap tinggi setelah proses adsorpsi. Tingginya kadar asam pada karbon aktif mendukung tujuan penelitian untuk menghasilkan biopestisida dengan efektivitas tinggi, karena asam organik berperan dalam merusak struktur sel dan sistem pernapasan serangga.

Sebaliknya, batu apung dan zeolit menunjukkan karakteristik yang berbeda dibandingkan karbon aktif. Batu apung memiliki struktur pori makro–meso dengan luas permukaan relatif kecil, sehingga kapasitas adsorpsinya terhadap senyawa polar, termasuk asam organik, cenderung lebih rendah. Keterbatasan luas permukaan tersebut menyebabkan efisiensi pemurnian asap cair dengan batu apung berada pada tingkat moderat, dan selektivitasnya terhadap komponen tertentu, termasuk asam, tidak sebaik karbon aktif [9].

Zeolit, di sisi lain, merupakan adsorben silikat–alumina kristalin dengan struktur pori molekular teratur dalam skala angstrom. Struktur tersebut memungkinkan selektivitas adsorpsi berdasarkan ukuran dan polaritas molekul. Zeolit cenderung mengadsorpsi senyawa polar, termasuk sebagian asam organik, sehingga dapat menurunkan kadar asam dalam produk akhir [9]. Dengan demikian, karbon aktif lebih sesuai digunakan ketika diperlukan peningkatan kadar asam untuk mempertahankan aktivitas senyawa aktif dalam asap cair, sedangkan zeolit dan batu apung lebih efektif untuk menurunkan potensi fitotoksisitas akibat kelebihan asam. Hasil ini konsisten dengan laporan penelitian sebelumnya yang menunjukkan bahwa mekanisme adsorpsi sangat bergantung pada sifat fisikokimia dan polaritas permukaan adsorben [10].

#### b. Pengaruh Jenis Adsorben Terhadap Kadar Fenolik Total



**Gambar 2.** Pengaruh jenis adsorben terhadap kadar fenolik total

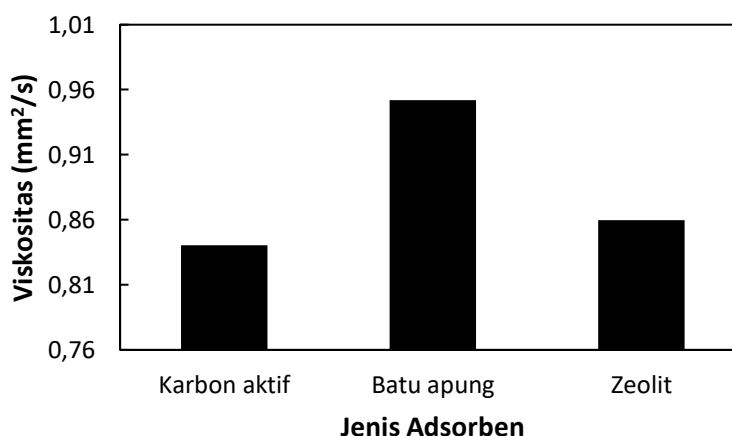
Kadar fenolik total adalah jumlah keseluruhan senyawa fenolik yang terkandung dalam suatu bahan, dinyatakan dalam satuan tertentu (misalnya mg GAE/L). Senyawa fenolik merupakan senyawa organik yang memiliki cincin aromatik dengan satu atau lebih gugus hidroksil (-OH). Senyawa fenolik berperan penting dalam asap cair karena memiliki kemampuan sebagai antimikroba sekaligus antioksidan, yang mendukung efektivitasnya

dalam aplikasi sebagai biopestisida. Pada penelitian ini diketahui perbedaan kadar fenolik total dari setiap jenis adsorben yang disajikan dalam Gambar 2. Zeolit menghasilkan kadar fenolik total tertinggi ( $\pm 1,6\%$ ), diikuti oleh karbon aktif ( $\pm 0,75\%$ ) dan batu apung ( $\pm 0,5\%$ ). Perbedaan ini dapat dijelaskan melalui karakteristik struktur pori, luas permukaan, dan sifat interaksi kimia dari masing-masing adsorben.

Zeolit memiliki struktur kristalin aluminosilikat dengan pori molekular yang teratur serta sifat hidrofilik-hidrofobik yang dapat disesuaikan. Beberapa jenis zeolit memiliki afinitas tinggi terhadap senyawa fenolik melalui interaksi hidrofobik dan ikatan hidrogen, sehingga lebih efektif dalam mempertahankan senyawa fenolik dalam larutan [11, 12]. Di sisi lain, karbon aktif yang dikenal memiliki luas permukaan yang sangat besar ( $500\text{--}3000\text{ m}^2/\text{g}$ ) dan dominasi mikropori cenderung mengadsorpsi senyawa fenolik secara fisik melalui gaya van der Waals dan interaksi  $\pi\text{--}\pi$  antara cincin aromatik fenol dan permukaan karbon [8]. Meskipun mekanisme ini efektif, proses adsorpsi yang kuat dapat menurunkan kadar fenolik terlarut dalam hasil akhir, sehingga konsentrasi fenolik total yang terukur menjadi lebih rendah dibandingkan dengan perlakuan zeolit. Batu apung, dengan struktur pori yang didominasi oleh makropori dan luas permukaan yang relatif kecil, memiliki kapasitas adsorpsi senyawa organik yang terbatas [9]. Hal ini menjelaskan mengapa perlakuan batu apung menghasilkan kadar fenolik total terendah dalam penelitian ini.

Hal ini menjelaskan bahwa meskipun keberadaan senyawa fenolik berkontribusi terhadap aktivitas biopestisida, perlu diperhatikan bahwa pada konsentrasi tertentu, senyawa ini juga dapat menimbulkan efek fitotoksik pada tanaman. Qasim, dkk. (2018) mengatakan bahwa kadar fenolik yang meningkat, khususnya mendekati atau melebihi  $1\%$ , dapat menghambat pertumbuhan tanaman dan menyebabkan kerusakan fisiologis yang signifikan [13].

### c. Pengaruh Jenis Adsorben Terhadap Viskositas



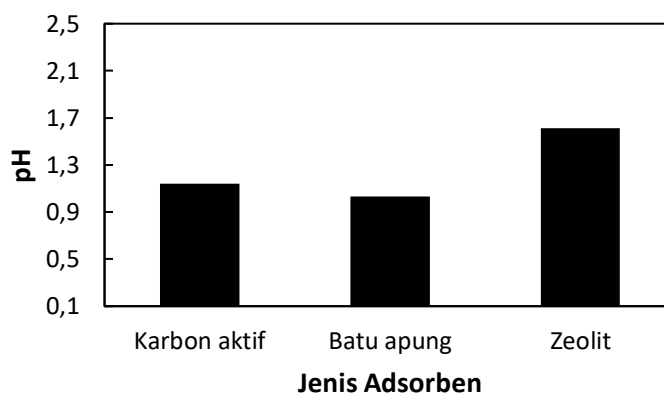
**Gambar 3.** Pengaruh jenis adsorben terhadap viskositas

Viskositas adalah ukuran tingkat kekentalan atau resistensi suatu fluida (cairan atau gas) terhadap aliran. Fluida dengan viskositas tinggi (misalnya madu) mengalir lebih lambat karena partikel-partikelnya saling bergesekan lebih besar, sedangkan fluida dengan viskositas rendah (misalnya air) mengalir lebih cepat. Tingkat viskositas asap cair yang dipengaruhi oleh jenis adsorben sangat menentukan kemudahannya di

lapangan, terutama dalam proses penyemprotan sebagai biopestisida, karena viskositas yang terlalu tinggi dapat menghambat aliran dan distribusi cairan secara merata [14].

Hasil analisis menunjukkan bahwa asap cair hasil pemurnian dengan batu apung memiliki viskositas tertinggi sebesar  $0,952 \text{ mm}^2/\text{s}$ . Viskositas tinggi pada batu apung diduga disebabkan oleh senyawa berat seperti tar dan lignin yang tidak terserap optimal, sesuai dengan temuan Saputra dkk. (2020) yang menyebutkan bahwa adsorben dengan porositas rendah cenderung menyisakan residu senyawa kompleks [15]. Sebaliknya, karbon aktif yang memiliki luas permukaan dan porositas tinggi mampu mengadsorpsi senyawa berat lebih efektif, sehingga menghasilkan asap cair dengan viskositas rendah. Temuan serupa juga dilaporkan oleh Pascalia dkk. (2019) dan Simanjuntak dkk. (2023), yang menyimpulkan bahwa jenis dan efektivitas adsorben berpengaruh langsung terhadap viskositas asap cair [10,11].

#### d. Pengaruh Jenis Adsorben Terhadap pH



**Gambar 4.** pH asap cair dari berbagai adsorben

Keasaman tinggi pada asap cair berasal dari kandungan asam organik yang terbentuk selama proses pirolisis tempurung kelapa, seperti asam asetat dan asam format, yang terlarut dalam asap cair dan menyebabkan pH rendah. Pada penelitian ini, didapati hasil bahwa perbedaan jenis adsorben yang digunakan menghasilkan perbedaan nilai pH yang tidak terlalu jauh. Pemurnian dengan zeolit menghasilkan pH tertinggi yaitu 1,61, menandakan penurunan keasaman yang lebih efektif dibandingkan karbon aktif (1,14) dan batu apung (1,03). Ini sesuai penelitian oleh Sari, dkk. (2024) yang menunjukkan efektivitas zeolit dalam menurunkan keasaman lebih tinggi dibanding karbon aktif dan batu apung. Struktur kristalin zeolit yang bersifat basa lemah dan kemampuan pertukaran ionnya, sehingga dapat menetralkan ion  $\text{H}^+$  dalam larutan dan menaikkan pH [18]. Sebaliknya, karbon aktif dan batu apung hanya sedikit mempengaruhi keasaman karena permukaannya netral atau cenderung asam.

Meskipun zeolit mampu menaikkan pH asap cair dari kondisi sangat asam, nilai pH yang dihasilkan masih belum mencapai kisaran optimal 5–6 yang dibutuhkan untuk efektivitas dan keamanan biopestisida. Nilai pH yang terlalu rendah ( $<2$ ) berisiko merusak jaringan tanaman, sementara pH terlalu tinggi dapat menurunkan stabilitas senyawa aktif. Dengan demikian, hasil penelitian ini menegaskan perlunya formulasi lanjutan (misalnya

penambahan buffer atau pengenceran) agar pH asap cair mendekati kisaran optimum 5–6 yang dilaporkan Bayu dkk. (2021) sebagai kondisi paling efektif sekaligus aman bagi tanaman [19]. Oleh karena itu, asap cair hasil pemurnian tetap memerlukan penyesuaian pH lanjutan seperti pengenceran agar aman diaplikasikan pada tanaman dan tidak menimbulkan fitotoksisitas.

### 3.2. Pengaruh Konsentrasi Pengenceran Asap Cair terhadap Mortalitas Hama dan Efektivitas Biopestisida

Uji mortalitas hama dilakukan untuk menilai efektivitas asap cair yang telah melalui proses pemurnian menggunakan tiga jenis adsorben berbeda, yaitu karbon aktif, batu apung, dan zeolit. Setelah dimurnikan, asap cair dari masing-masing adsorben kemudian diencerkan dengan konsentrasi 2%, 4%, dan 6% sebelum diaplikasikan pada hama jangkrik (*Acheta domestica*), dan diamati selama tiga hari dengan jumlah 5 kali semprotan. Perlakuan ini bertujuan untuk menganalisa pengaruh konsentrasi pengenceran terhadap tingkat mortalitas hama pada tanaman. Data mortalitas hama diamati selama 3 hari seperti yang disajikan pada Tabel 2.

**Tabel 2.** Data uji mortalitas hama

No	Jenis Adsorben	Konsentrasi Pengenceran	Jumlah Sampel Hama	Jumlah Hama Mati			Laju Mortalitas (%)
				H-1	H-2	H-3	
1	Karbon aktif	2%	3	0	0	2	66,7
		4%	3	0	1	3	100,0
		6%	3	0	1	2	66,7
2	Batu apung	2%	3	0	1	1	66,7
		4%	3	0	0	0	0,0
		6%	3	0	2	2	66,7
3	Zeolit	2%	3	0	1	1	66,7
		4%	3	0	2	3	100,0
		6%	3	0	0	1	33,3

Data uji mortalitas hama menunjukkan bahwa penggunaan jenis adsorben memiliki pengaruh yang signifikan terhadap tingkat kematian hama yang diuji (H-1, H-2, H-3). Dari tabel, dapat dilihat bahwa karbon aktif dan zeolite memberikan hasil laju mortalitas tertinggi. Karbon aktif menunjukkan laju mortalitas hama tertinggi, terutama pada konsentrasi 4% dengan nilai mencapai 100%. Hal ini sejalan dengan karakteristik karbon aktif yang memiliki luas permukaan tinggi dan kemampuan adsorpsi molekul aktif pestisida, sehingga meningkatkan probabilitas zat toksik bagi hama (Babel & Kurniawan, 2003). Karbon aktif mampu menjaga dan melepaskan bahan aktif secara perlahan (*controlled release*), yang memperpanjang efek toksik terhadap hama meskipun pada konsentrasi rendah sekalipun. Meskipun pada zeolit kadar fenoliknya tinggi, efek toksik tidak berkelanjutan, menunjukkan bahwa dominasi senyawa fenolik tanpa dukungan kadar asam yang memadai tidak cukup untuk mematikan hama secara efisien. Sifat adsorben zeolit yang bersifat basa dan kapasitas pertukaran ionnya diketahui dapat menurunkan ketersediaan bahan aktif yang larut dalam larutan (Abdel-Ghani & El-Chaghaby, 2020), sehingga efektivitas zat toksik terhadap hama menurun. Sementara itu, batu apung

menunjukkan hasil fluktuatif, menandakan rendahnya konsistensi performa akibat kemampuan adsorpsi yang terbatas.

Secara umum, hasil ini selaras dengan tujuan penelitian, yakni menentukan kombinasi jenis adsorben dan konsentrasi pengenceran yang memberikan efektivitas maksimal sebagai biopestisida alami. Berdasarkan parameter fisikokimia dan data mortalitas, kombinasi karbon aktif dengan pengenceran 4% terbukti paling optimal, menghasilkan tingkat kematian 100% pada hari ketiga. Meskipun konsentrasi yang dipakai tidak terlalu tinggi namun tetap memberikan hasil yang cukup efektif untuk aplikasi sebagai biopestisida. Hasil ini konsisten dengan penelitian terdahulu yang menyebutkan bahwa aplikasi asap cair tempurung kelapa menjadi biopestisida mampu mencegah gangguan dari hama pada tanaman walaupun pada konsentrasi yang relative rendah berkisar 0,5%-6% [5].

#### 4. KESIMPULAN DAN SARAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa jenis adsorben berperan penting dalam menentukan kualitas kimia asap cair tempurung kelapa, di mana karbon aktif menghasilkan karakteristik paling ideal untuk mendukung aktivitas insektisida dibandingkan batu apung dan zeolit. Variasi konsentrasi pengenceran juga memengaruhi efektivitas biopestisida, dengan hasil terbaik diperoleh pada konsentrasi 4%, yang menunjukkan adanya batas optimum toksisitas yang aman. Hubungan antara parameter fisikokimia—seperti kadar asam, kadar fenolik total, pH, dan viskositas—dengan mortalitas hama menegaskan bahwa keseimbangan antara senyawa aktif dan keasaman lebih menentukan efektivitas biopestisida daripada peningkatan salah satu parameter secara ekstrem. Kombinasi penggunaan karbon aktif sebagai adsorben dan pengenceran pada konsentrasi 4% dapat direkomendasikan sebagai formulasi optimum asap cair tempurung kelapa untuk aplikasi sebagai biopestisida alami.

Meskipun formulasi dengan karbon aktif dan konsentrasi 4% menunjukkan efektivitas tertinggi terhadap mortalitas hama jangkrik, perlu dilakukan formulasi lanjutan untuk menyeimbangkan kadar asam dan fenolik yang relatif tinggi agar aman digunakan pada tanaman budidaya tanpa menimbulkan risiko fitotoksitas. Penelitian berikutnya juga disarankan untuk menguji efektivitas asap cair hasil pemurnian ini terhadap berbagai jenis hama lain serta pada kondisi lapangan yang berbeda, guna memastikan stabilitas, daya guna jangka panjang, dan keamanan lingkungan dari biopestisida alami yang dihasilkan. Selain itu, kajian ekonomi dan analisis dampak lingkungan perlu dipertimbangkan sebagai dasar penerapan skala produksi yang berkelanjutan.

#### REFERENSI

- [1] R. A. Kodjah, "Pengaruh Pestisida Nabati Daun Jarak Pagar (*Jatropha Curcas* L) Terhadap Mortalitas Walang Sangit (*Leptocorisa Acuta*) Sebagai Media Pembelajaran Bagi Masyarakat," Laporan Skripsi, Universitas Muhammadiyah Surabaya, 2016.
- [2] B. Rahmat, A. Zhilalul, dan H. Albaki, "Fungicidal Action of Coconut Waste Liquid-Smoke on Citrus Fruit-Rot Pathogens (*Penicillium digitatum* and *Penicillium italicum*)," vol. 6, no. 2, hal. 53–58, 2021.
- [3] S. S. Harsono, "Inovasi Teknologi Pembuatan Asap Cair Dari Tempurung Kelapa Di Kabupaten Situbondo," *Journal of Health and Environmental Science. Sci.*, vol. 5, no. 2,

- hal. 41–47, 2017.
- [4] N. Al Farizi dan K. Sa'diyah, "Pengaruh Jenis Dan Rasio Penambahan Adsorben Pada Pemurnian Asap Cair," *DISTILAT: Jurnal Teknologi Separasi*, vol. 8, no. 1, hal. 18–27, 2023.
- [5] A. Nugroho dan I. Aisyah, "Effectiveness of Liquid Smoke from Coconut Shell Waste as Biopesticide for Seeds in Storage Warehouse," *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, vol. 31, no. 1, hal. 1–8, 2013.
- [6] N. A. Puteri, D. A. Triawan, C. Banon, dan R. Nurwidiyani, "Pembuatan dan Karakterisasi Asap Cair dari Kayu Batang Kopi (*Coffea Sp*) serta Aplikasinya sebagai Koagulan Lateks," *Rafflesia Journal of Natural and Applied Sciences*, vol. 4, no. 1, hal. 268–276, 2024.
- [7] H. Hulya Orak, "Total Antioxidant Activities, Phenolics, Anthocyanins, Polyphenoloxidase Activities of Selected Red Grape Cultivars and Their Correlations," *Scientia Horticulturae (Amsterdam)*, vol. 111, no. 3, hal. 235–241, 2007.
- [8] R. Ganjoo, S. Sharma, A. Kumar, dan M. M. A. Daouda, *Activated Carbon: Progress and Applications*. the Royal Society of Chemistry, 2023.
- [9] Y. Dehmani dkk., "Adsorption of various inorganic and organic pollutants by natural and synthetic zeolites : A critical review," *Arab. J. Chem.*, vol. 17, no. 1, p. 105474, 2024.
- [10] A. Dewi and K. Sa'diyah, "Parameter Limbah Cair Mall X Melalui Pengolahan," *DISTILAT: Jurnal Teknologi Separasi*, vol. 10, no. 9, hal. 303–315, 2024.
- [11] N. Widiastuti, H. Wu, M. Ang, dan D. Zhang, "The potential application of natural zeolite for greywater treatment," *Desalination*, vol. 218, no. 6, hal. 271–280, 2008.
- [12] L. Ayele, J. Pérez-Pariente, Y. Chebude, dan I. Díaz, "Synthesis of zeolite A from Ethiopian kaolin," *Microporous Mesoporous Mater.*, vol. 215, hal. 29–36, 2015.
- [13] Q. Muhammad, F. Yoshiharu, A. M. Zaheer, A. Irfan, W. K. N, dan A. K. M, "Phytotoxic analysis of coastal medicinal plants and quantification of phenolic compounds using HPLC," *Plant Biosystems - An International Journal Dealing With All Aspects Of Plant Biology*, vol. 0, no. 0, hal. 1–8, 2019.
- [14] S. Maulina, E. R. Kamny, dan R. Amalia, "Comparison of activated zeolite and activated carbon as adsorbent on liquid smoke purification Comparison of activated zeolite and activated carbon as adsorbent on liquid smoke purification," 2021.
- [15] R. Y. Saputra, M. Naswir, dan H. Suryadri, "Perbandingan Karakteristik Asap Cair Pada Berbagai Grade Dari Pirolisis Batubara," vol. 2, 2020.
- [16] E. Paskalia, I. Syahbanu, dan A. Shofiyani, "Adsorpsi senyawa fenolik dalam asap cair pada arang aktif dari cangkang luar buah karet," vol. 7, no. 1, 2017.
- [17] V. Simanjuntak, I. P. S. Wirawan, dan I. G. K. A. Arthawan, "Pengaruh Jenis Adsorben dan Panjang Kolom terhadap Durasi Pemurnian Asap Cair Tempurung Kelapa," *Jurnal Biosistem dan Teknik Pertanian*, vol. 11, no. 2, hal. 245, 2023.
- [18] S. Widia Sari, S. Dwi Cahyani, dan D. Sari, "Efektivitas Pengelolaan Air Bersih Menggunakan Metode Filtrasi dengan Media Zeolit dan Karbon Aktif Terhadap Derajat Keasaman (Ph) dan Kesadahan (CaCO<sub>3</sub>) Serta Daya Tahan Filtrasi," *Jurnal Kesehatan Tambusai*, vol. 5, no. 3, hal. 9176–9186, 2024.
- [19] M. S. Y. I. Bayu, Y. Prayogo, dan S. W. Indiati, "Beauveria Bassiana: Biopestisida Ramah Lingkungan dan Efektif untuk Mengendalikan Hama dan Penyakit Tanaman," *Buletin Palawija*, vol. 19, No. 1, 2021.