

PENGARUH UKURAN PARTIKEL, MASSA ADSORBEN DAN JENIS ADSORBEN TERHADAP PEMURNIAN MINYAK CENGIKIH (*SYZYGIIUM AROMATICUM*)

Lidia Kusuma Anggraini¹, Anang Takwanto¹, Lailil Aulia Rizka²

Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Malang, Jl. Soekarno Hatta No. 9, Malang 65141, Indonesia
lidianggrn@gmail.com ; [a.takwanto@gmail.com]

ABSTRAK

Minyak cengkih hasil penyulingan tradisional seringkali tidak memenuhi standar mutu akibat komposisi kimia yang tidak sesuai, seperti rendahnya kadar eugenol dan tingginya senyawa pengotor. Untuk mengatasi hal tersebut, metode adsorpsi dipilih karena kemampuannya dalam menyerap senyawa pembentuk warna dan pengotor. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh jenis, ukuran partikel, dan massa adsorben terhadap peningkatan mutu minyak cengkih. Proses pemurnian dilakukan menggunakan adsorben karbon aktif dan zeolit dengan variasi ukuran partikel (-10/+18, -18/+30, -30/+50 mesh) dan massa (5, 10, 15, 20% b/v). Parameter mutu yang dianalisis meliputi warna, berat jenis, kadar eugenol, dan kadar β -caryophyllene. Hasil terbaik diperoleh pada perlakuan menggunakan adsorben karbon aktif ukuran -30/+50 mesh dengan massa 20%, yang mampu memperbaiki warna minyak secara signifikan serta menghasilkan berat jenis 1,0187 g/mL, kadar eugenol 70,15%, dan kadar β -caryophyllene 17,18%. Meskipun belum sepenuhnya memenuhi SNI 06-2387-2006, penelitian ini membuktikan bahwa proses adsorpsi dapat meningkatkan mutu minyak cengkih.

Kata kunci: adsorpsi, β -caryophyllene, eugenol, karbon aktif, minyak cengkih.

ABSTRACT

Traditionally distilled clove oil often does not meet quality standards due to its unsuitable chemical composition, such as low eugenol content and high levels of impurities. To overcome this, the adsorption method was chosen for its ability to absorb color-forming compounds and impurities. This study aims to evaluate the effect of adsorbent type, particle size, and mass on improving clove oil quality. The purification process was carried out using activated carbon and zeolite adsorbents with varying particle sizes (-10/+18, -18/+30, -30/+50 mesh) and masses (5, 10, 15, 20% w/v). The quality parameters analyzed included color, specific gravity, eugenol content, and β -caryophyllene content. The best results were obtained using activated carbon adsorbents with a size of -30/+50 mesh and a mass of 20%, which significantly improved the color of the oil and produced a specific gravity of 1.0187 g/mL, an eugenol content of 70.15%, and a β -caryophyllene content of 17.18%. Although it does not yet fully comply with SNI 06-2387-2006, this study proves that the adsorption process can improve the quality of clove oil.

Keywords: Activated carbon, Adsorption, β -caryophyllene, Clove oil, Eugenol

1. PENDAHULUAN

Minyak cengkih (*Syzygium aromaticum*) merupakan salah satu komoditas unggulan Indonesia yang banyak dimanfaatkan dalam industri makanan, farmasi, dan kosmetik [1]. Kandungan utamanya, *eugenol*, berperan sebagai senyawa bioaktif dengan aktivitas

antimikroba dan anestetik, yang menjadi indikator utama mutu minyak cengkih [2]. Namun, proses penyulingan tradisional seringkali menghasilkan minyak dengan mutu rendah akibat warna yang gelap, kandungan logam berat seperti besi (Fe), rendahnya kadar *eugenol*, tingginya kadar β -*caryophyllene*, serta kejernihan yang rendah [3]. Kondisi ini menyebabkan minyak tidak memenuhi Standar Nasional Indonesia (SNI) [4], sehingga menurunkan nilai jual dan daya saing di pasar industri. Minyak cengkih curah umumnya memiliki kandungan *eugenol* $\leq 70\%$ dan β -*caryophyllene* $\geq 17\%$ [5]. Harga jual minyak daun cengkih curah berkisar \pm US\$ 4,5/kg atau setara dengan Rp73.000,00/kg [6].

Untuk itu, diperlukan upaya peningkatan mutu minyak cengkih agar sesuai dengan standar yang ditetapkan. Berdasarkan SNI [4], mutu minyak cengkih ditentukan oleh beberapa parameter utama, yaitu kadar *eugenol* minimal 78%, kadar β -*caryophyllene* maksimal 17%, dan berat jenis antara 1,025–1,049 g/mL. Warna gelap pada minyak sebagian besar disebabkan oleh kompleksasi *eugenol* dengan ion logam seperti Fe [5]. Selain itu, keberadaan senyawa non-*eugenol* dan pengotor lain turut menurunkan kejernihan serta kestabilan minyak. Oleh karena itu, dibutuhkan metode pemurnian yang tepat untuk mengatasi permasalahan tersebut. Salah satu pendekatan yang umum digunakan adalah proses adsorpsi, yaitu pemisahan senyawa pengotor menggunakan material berpori seperti karbon aktif dan zeolit [7]. Karbon aktif memiliki luas permukaan dan volume pori yang tinggi sehingga efektif dalam menyerap senyawa non-polar dan logam [8]. Sementara itu, zeolit, meskipun alami, memiliki kemampuan pertukaran ion yang baik [9].

Sejumlah penelitian terdahulu telah dilakukan terkait pemurnian minyak atsiri menggunakan adsorben. Penggunaan metode pengkelatan pada minyak cengkih dilaporkan dapat meningkatkan kejernihan minyak, meskipun efektivitasnya dalam menurunkan senyawa pengotor masih terbatas [3]. Kombinasi karbon aktif dan bentonit terbukti efektif dalam pemurnian minyak goreng bekas, sejalan dengan peran karbon aktif dalam menyerap senyawa non-polar [8]. Karbon aktif dari tandan sawit juga telah dikembangkan dan menunjukkan bahwa luas permukaan berperan penting terhadap kapasitas adsorpsi [7]. Sementara itu, zeolit dilaporkan memiliki efektivitas sebagai penukar ion alami, yang berpotensi diaplikasikan dalam pemurnian minyak cengkih [9]. Namun, studi yang secara sistematis membandingkan pengaruh variabel proses kunci seperti jenis adsorben, ukuran partikel, dan massa terhadap beberapa parameter mutu minyak cengkih secara simultan masih perlu dikaji lebih lanjut.

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh jenis adsorben, ukuran partikel, dan massa adsorben terhadap peningkatan mutu minyak cengkih melalui proses adsorpsi. Variabel yang dikaji meliputi jenis adsorben (karbon aktif dan zeolit), ukuran partikel, dan massa adsorben. Parameter mutu yang dianalisis meliputi berat jenis, warna, kadar *eugenol* dan β -*caryophyllene*. Melalui penelitian ini, diharapkan dapat diperoleh solusi praktis dan ekonomis untuk meningkatkan mutu minyak cengkih agar memenuhi standar SNI [4] dan siap bersaing di industri nasional maupun pasar ekspor.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Pengumpulan data hasil selama penelitian adalah kombinasi kuantitatif dan kualitatif. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Riset 1, Kimia Dasar, dan Analisa Instrumentasi, Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Malang. Dalam penelitian ini, variabel tetap yang

digunakan adalah volume minyak cengkih. Variabel bebas meliputi jenis adsorben yang digunakan, yaitu karbon aktif dan zeolit, ukuran partikel adsorben (-10/+18, -18/+30, dan -30/+50 mesh), serta massa adsorben sebesar 5%, 10%, 15%, dan 20% (w/v). Sementara itu, variabel terikat terdiri dari parameter hasil analisis pemurnian minyak cengkih, yaitu warna, berat jenis, kadar *eugenol*, dan kadar β -*caryophyllene*. Adapun tahapan-tahapan yang dilakukan selama penelitian berlangsung adalah sebagai berikut:

2.1. Persiapkan Adsorben Karbon Aktif dan Zeolit

Tahap persiapan adsorben ini mengacu pada penelitian Mukhlis, dkk. (2021), yang diawali dengan pengecilan ukuran adsorben lalu diayak menggunakan pengayak dengan ukuran -10/+18, -18/+30, dan -30/+50 mesh [10]. Adsorben karbon aktif dalam kondisi telah teraktivasi sedangkan zeolit akan diaktivasi menggunakan H_2SO_4 selama 1 hari. Setelah itu, adsorben dibilas menggunakan akuades hingga pH=7, lalu dikeringkan menggunakan oven pada suhu 105°C selama 2 jam. Terakhir, dilakukan analisis kadar air dan bilangan iodin.

2.2. Analisis Kadar Air Adsorben

Penentuan kadar air adsorben dilakukan menggunakan metode gravimetri yang mengacu pada SNI [10]. Pertama, cawan krusibel kosong dikeringkan dalam oven pada suhu 105°C selama 15 menit, kemudian didinginkan dalam desikator dan ditimbang. Proses pemanasan, pendinginan, dan penimbangan ini diulangi hingga diperoleh massa konstan yang dicatat sebagai massa cawan kosong. Selanjutnya, sekitar 2 g sampel adsorben dimasukkan ke dalam cawan dan ditimbang secara teliti. Sampel kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu 105°C selama 2 jam. Setelah kering, sampel didinginkan dalam desikator selama 15 menit sebelum ditimbang kembali. Kadar air dihitung berdasarkan selisih massa sebelum dan sesudah pengeringan.

$$Kadar\ air = \frac{m_2 - m_3}{m_2 - m_1} \times 100\% \quad (1)$$

Keterangan:

m_1 = massa cawan krusibel kosong

m_2 = massa cawan krusibel dan sampel adsorben

m_3 = massa cawan krusibel dan sampel adsorben kering

2.3. Analisis Bilangan Iodin Adsorben

Analisis bilangan iodin pada adsorben mengacu pada penelitian Widianti dkk. (2022), diawali dengan menimbang adsorben pada neraca analitik sebanyak 0,5 g dan memasukkan ke dalam *beaker glass* 100 mL. Menambahkan 10 mL larutan iodin 0,01 N dan diaduk selama 15 menit. Kemudian, menyaring dan mengambil filtrat pada erlenmeyer 250ml untuk dilakukan titrasi iodometri menggunakan titran $Na_2S_2O_3$ 0,1 N hingga berwarna kuning pucat. Selanjutnya, menambahkan 1 mL indikator amilum 1% dan menitrasi kembali menggunakan hingga larutan tidak berwarna [11].

$$Bilangan\ I_2 \left(\frac{mg}{g} \right) = fp \times \frac{(Vol\ titrasi\ blanko - Vol\ titrasi\ bahan) \times Be\ I_2 \times N}{Berat\ Karbon\ Aktif\ (gram)} \quad (2)$$

2.4. Proses Adsorpsi Minyak Cengkih

Menimbang adsorben dengan persentase 5, 10, 15, dan 20% (w/v) terhadap volume total sampel minyak cengkih dan memasukkan ke dalam *beakerglass* 250 mL. Kemudian, mengambil 50 mL sampel ke dalam *beakerglass* yang berisi adsorben. Pada proses ini dilakukan dengan pengadukan menggunakan *magnetic stirer* dengan kecepatan ± 250 rpm selama 30 menit. kemudian campuran akan dilakukan sedimentasi selama 2 jam.

2.5. Analisis Orgenoleptik Warna Minyak Cengkih

Mengambil sampel minyak cengkih sebanyak 40 mL lalu masukkan ke dalam beaker glass 250 mL. Lakukan pengambilan gambar di dalam ruangan dengan pencahayaan cukup menggunakan lampu. Arahkan kamera *smart phone* yang telah terpasang aplikasi *Color Name Recognizer Camera* ke sampel yang akan dianalisis hingga terdeteksi nama warna yang dihasilkan. Ambil gambar dan bandingkan hasil analisis dengan SNI [4].

2.6. Analisis Berat Jenis

Menimbang massa piknometer kosong menggunakan neraca analitik. Setelah itu, memasukkan sampel ke dalam piknometer hingga penuh dan ditutup hingga tumpah. Membersihkan tumpahan sampel sebelum dilakukan penimbangan menggunakan tisu. Kemudian menimbang massa piknometer beserta sampel minyak cengkih dan menghitung berat jenisnya.

$$\text{Berat jenis} = \frac{\text{massa piknometer berisi sampel} - \text{massa piknometer kosong}}{\text{volume piknometer}} \quad (3)$$

2.7. Analisis Kadar Eugenol dan β -Caryophyllene

Analisis kadar eugenol dan β -caryophyllene dilakukan menggunakan Kromatografi Gas (*Gas Chromatography*, GC) merek HP 5890. Pertama, kondisi alat diatur dengan suhu oven, *injector* B, dan *Detector* B masing-masing pada 250°C. Alat kemudian didiamkan selama 30 menit hingga suhu mencapai *Setpoint* (SP) yang diinginkan dan stabil. Setelah itu, suhu oven diturunkan ke 100°C dan ditunggu kembali selama 10 menit hingga kondisi alat siap untuk injeksi. Selama waktu tunggu, sampel minyak cengkih diencerkan dengan pelarut etanol *absolut* pada perbandingan 1:5 (v/v). *Syringe* injeksi dibilas terlebih dahulu menggunakan larutan sampel yang telah diencerkan. Selanjutnya, perangkat lunak kromatografi diaktifkan dengan menekan tombol *start*, kemudian sampel sebanyak 0,2 μ L diinjeksikan ke dalam alat GC, dan tombol *start* pada instrumen GC ditekan secara bersamaan. Proses analisis berlangsung selama 34 menit untuk mendapatkan kromatogram yang menunjukkan kadar eugenol dan β -caryophyllene.

$$\text{Menghitung luas area} = \% \text{ total luasan area} - \% \text{ peak pertama} \quad (4)$$

$$\text{Menghitung kadar eugenol} = \frac{\text{Luas area eugenol}}{\text{Hasil perhitungan luas area}} \times 100\% \quad (5)$$

$$\text{Menghitung kadar } \beta\text{-caryophyllene} = \frac{\text{Luas area } \beta\text{-caryophyllene}}{\text{Hasil perhitungan luas area}} \times 100\% \quad (6)$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Karakteristik Adsorben Karbon Aktif dan Zeolit

Ukuran partikel diperoleh melalui proses *grinding* dan *sizing* untuk meningkatkan luas permukaan spesifik adsorben, sehingga diharapkan dapat memengaruhi efisiensi pemurnian minyak cengkih [12]. Sebelum dianalisis, adsorben diaktivasi secara kimia menggunakan H_2SO_4 dengan tujuan memperbesar pori-pori melalui pemutusan ikatan hidrokarbon atau oksidasi permukaan. Setelah itu, adsorben dibilas menggunakan akuades hingga mencapai pH netral guna menghilangkan sisa asam yang tertinggal dari proses aktivasi [13], [14].

Adsorben karbon aktif dan zeolit yang telah diproses dengan ukuran partikel -10/+18, -18/+30, dan -30/+50 mesh dikarakterisasi melalui uji kadar air dan bilangan iodin. Analisis kadar air menggunakan metode gravimetri bertujuan untuk mengetahui kandungan air setelah aktivasi serta sifat higroskopis adsorben. Aktivasi kimia menggunakan H_2SO_4 juga diketahui menyebabkan pembesaran pori-pori akibat terikatnya molekul air pada permukaan adsorben [15]. Hasil uji kadar air menunjukkan seluruh sampel memenuhi standar kadar air maksimum menurut SNI ($\leq 15\%$) [20]. Kadar air yang masih tinggi kemungkinan disebabkan oleh proses pengeringan yang masih kurang merata pada adsorben [15]. Kemampuan adsorben dalam menangkap zat terlarut dievaluasi melalui bilangan iodin, yaitu jumlah miligram iodin yang dapat terserap oleh satu gram adsorben. Semakin tinggi nilai ini, semakin besar kapasitas adsorpsinya [16]. Karbon aktif ukuran -30/+50 mesh mencatat bilangan iodin tertinggi (4.379 mg/g), yang mencerminkan luas permukaan spesifik yang besar akibat ukuran partikel yang lebih kecil [17]. Sebaliknya, zeolit menunjukkan nilai bilangan iodin lebih rendah (2.856–3.199 mg/g), menandakan kapasitas adsorpsi yang lebih terbatas akibat perbedaan struktur pori [18]. Dengan kombinasi kadar air yang rendah dan bilangan iodin yang tinggi, karbon aktif ukuran -30/+50 mesh dinyatakan sebagai adsorben paling optimal untuk pemurnian minyak cengkih [19].

Tabel 1. Data bilangan iodin dan kadar air adsorben pada berbagai ukuran

Jenis Adsorben	Ukuran Partikel (mesh)	Bilangan Iodin (mg/g)	Kadar Air (%)
Karbon Aktif	18	3.718	11
	30	3.139	12
	50	4.379	11
Zeolit	18	3.199	1
	30	3.151	2
	50	2.856	2
SNI 06-2387-2006		Minimal 750	Maksimal 15

3.2. Pengaruh Ukuran Partikel, Massa, dan Jenis Adsorben Terhadap Proses Adsorpsi

Minyak cengkih sebelum proses adsorpsi dianalisis terlebih dahulu untuk mengetahui kandungan senyawa aktif dan pengotor. Hasil analisis awal ditampilkan pada Tabel 2, yang menunjukkan bahwa kandungan *eugenol* dan β -caryophyllene pada minyak curah belum memenuhi standar mutu SNI [4]. Kandungan *eugenol* masih berada di bawah batas

minimum (78%), sedangkan β -caryophyllene melebihi batas maksimum (17%). Selain itu, nilai berat jenis minyak juga berada di bawah standar SNI [4].

Data ini menjadi acuan awal dalam mengevaluasi efektivitas adsorpsi menggunakan variasi jenis, ukuran, dan massa adsorben. Proses adsorpsi merupakan salah satu metode pemurnian yang melibatkan penyerapan molekul atau ion dari suatu zat cair atau gas ke permukaan padatan (adsorben). Dalam konteks pemurnian minyak cengkih, adsorpsi bertujuan untuk menghilangkan senyawa-senyawa pengotor seperti β -caryophyllene, serta meningkatkan kadar senyawa utama seperti eugenol yang memiliki nilai ekonomi tinggi. Proses ini sangat dipengaruhi oleh karakteristik adsorben yang digunakan, seperti ukuran partikel, massa, dan jenis bahan penyusunnya [20].

Tabel 2. Data Analisis Minyak Cengkih

Parameter	Jenis Minyak		SNI 06-2387-2006
	Curah	Murni Komersil	
Warna	Coklat kehitaman	Kuning keemasan	Kuning-coklat tua
Berat Jenis (g/mL)	0,977	1,037	1,025-1,049
Kadar Eugenol (%)	62,72	84,44	Min. 78
Kadar β -Caryophyllene (%)	18,43	4,60	Maks.17

Tabel 3. Data Hasil Analisis Parameter Minyak Cengkih Setelah Proses Adsorpsi Menggunakan Adsorben Karbon Aktif

Ukuran Adsorben (mesh)	Massa Adsorben (%w/v)	Parameter Warna
-10/+18	5	Coklat tua
	10	Coklat tua
	15	Coklat tua
	20	Coklat tua
-18/+30	5	Coklat tua
	10	Coklat tua
	15	Coklat tua
	20	Coklat tua
-30/+50	5	Coklat tua
	10	Coklat tua
	15	Coklat tua
SNI 06-2387-2006		Kuning -coklat tua

Tabel 4. Data Perngaruh Ukuran Partikel dan Massa Adsorben Zeolit Pada Proses Adsorpsi

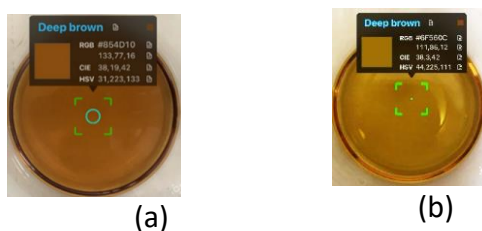
Ukuran Adsorben (mesh)	Massa Adsorben (%w/v)	Parameter Warna
-10/+18	5	Coklat terang
	10	Coklat terang
	15	Coklat terang
	20	Coklat terang
-18/+30	5	Coklat terang
	10	Coklat terang
	15	Coklat terang

Ukuran Adsorben (mesh)	Massa Adsorben (%w/v)	Parameter Warna
-30/+50	20	Coklat terang
	5	Coklat terang
	10	Coklat terang
	15	Coklat terang
	20	Coklat terang
SNI 06-2387-2006		Kuning -coklat tua

Lanjutan Tabel 4

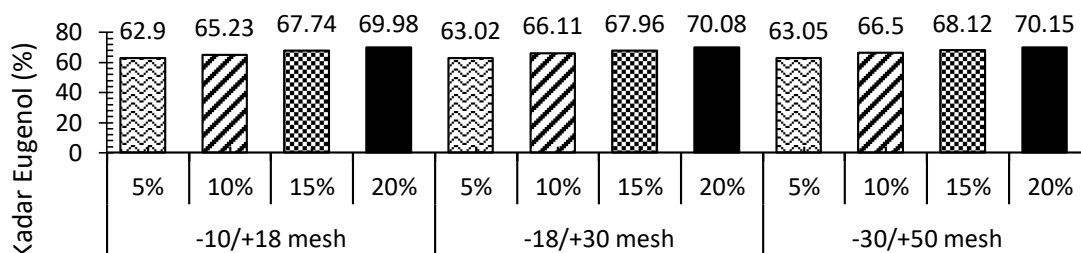


Gambar 3. Analisis Warna Minyak Cengkih (a) Sebelum Proses Adsorpsi; (b) Minyak Murni Komersial



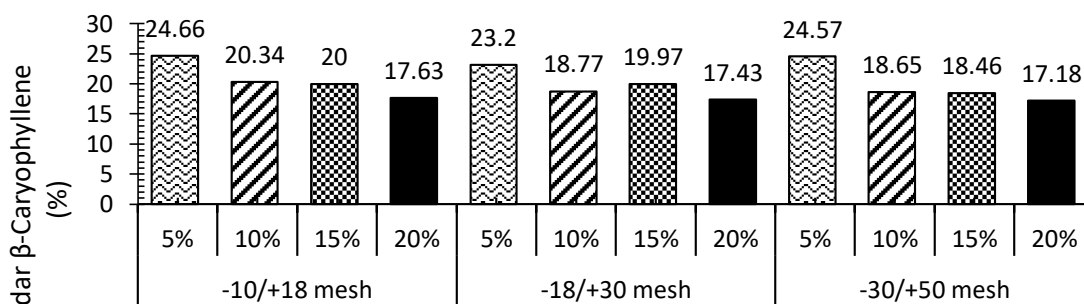
Gambar 4. Analisis Warna Minyak Cengkih Setelah Proses Adsorpsi Menggunakan Adsorben (a) Zeolit; (b) Karbon Aktif

Proses adsorpsi menggunakan karbon aktif menunjukkan performa yang lebih baik dibandingkan zeolit dalam meningkatkan kualitas minyak cengkih. Hasil analisis setelah proses adsorpsi menggunakan karbon aktif ditunjukkan pada Tabel 3 serta Gambar 5(a) dan 5(b). Minyak hasil adsorpsi menggunakan karbon aktif umumnya memiliki warna yang lebih cerah, kadar *eugenol* yang lebih tinggi, dan kadar β -*caryophyllene* yang lebih rendah dibandingkan hasil menggunakan zeolit. Hal ini disebabkan oleh kemampuan karbon aktif dalam menyerap senyawa organik non-polar seperti β -*caryophyllene* serta komponen warna gelap [20]. Pada kondisi terbaik (karbon aktif -30/+50 mesh, massa 20%), diperoleh kadar *eugenol* 70,15% dan β -*caryophyllene* 17,18%. Meskipun mendekati standar mutu, hasil ini belum sepenuhnya memenuhi standar SNI [4]. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh dua keterbatasan proses, seperti yang juga dijelaskan dalam penelitian Syafrinda, dkk. (2017) [22]. Pertama, setiap adsorben memiliki daya tampung terbatas (kejenuhan); dan massa yang digunakan belum cukup untuk mengikat seluruh pengotor sebelum permukaannya penuh. Kedua, proses penyerapan membutuhkan waktu yang cukup untuk mencapai keseimbangan; jika waktu kontak terlalu singkat, adsorben tidak dapat bekerja secara maksimal sehingga masih ada pengotor yang tersisa di dalam minyak [21].



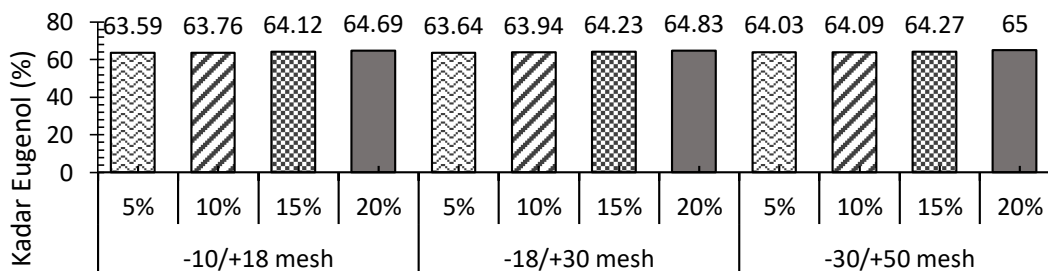
Massa (%b/v)

(a)



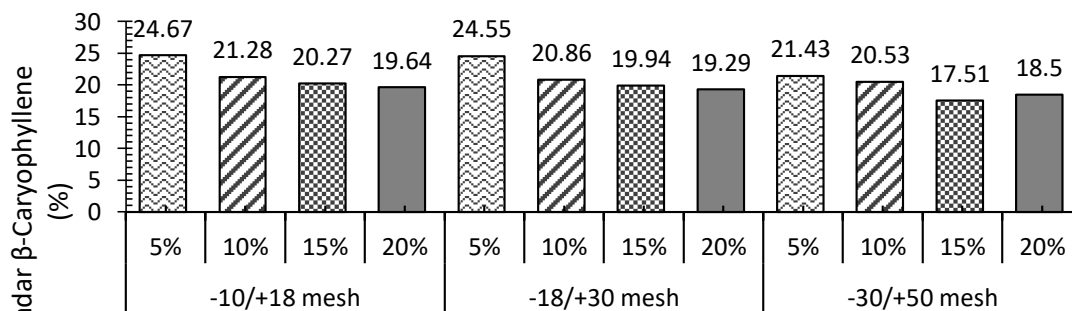
Massa (%b/v)

(b)



Massa (%b/v)

(c)

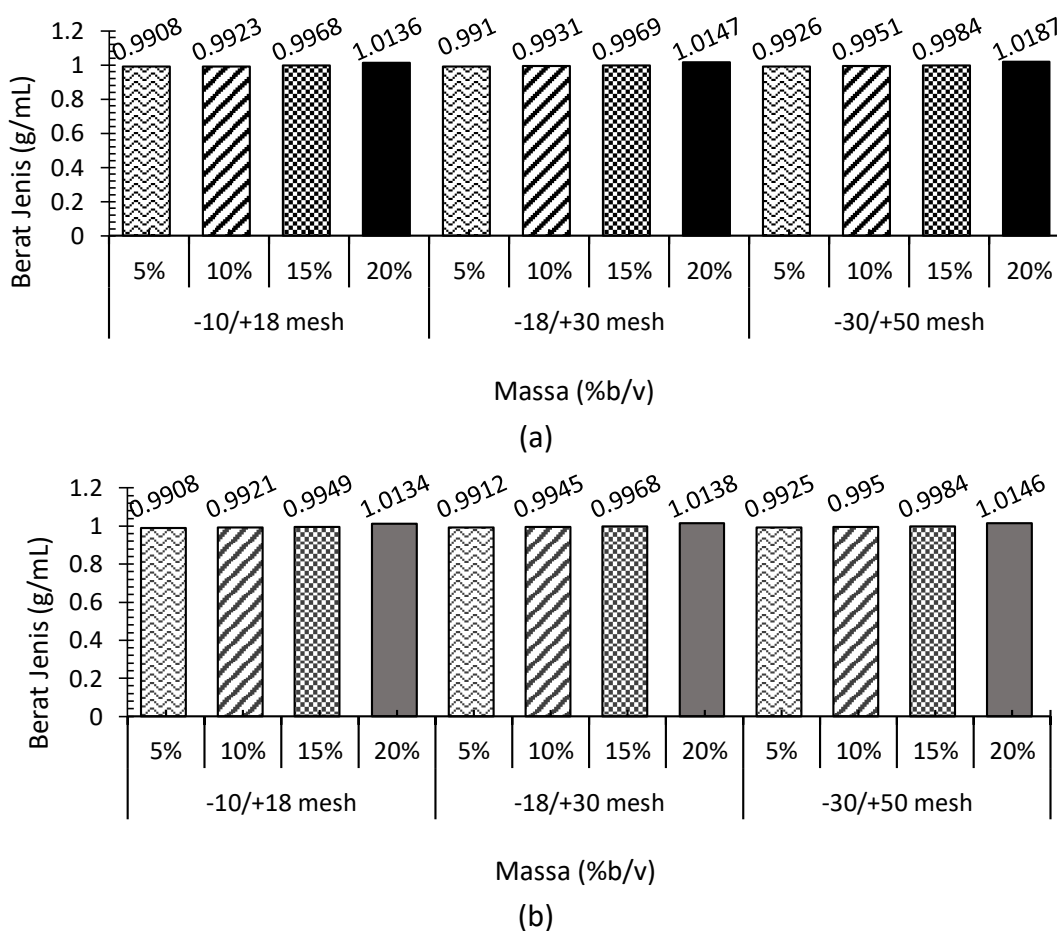


Massa (%b/v)

(d)

Gambar 5. Pengaruh kadar (a) *eugenol* menggunakan adsorben karbon aktif setelah adsorpsi; (b) *β-caryophyllene* menggunakan adsorben karbon aktif setelah adsorpsi; (c) *eugenol* menggunakan adsorben zeolit setelah adsorpsi (d) *β-caryophyllene* menggunakan adsorben zeolit setelah adsorpsi

Efektivitas zeolit sebagai adsorben ditampilkan pada Tabel 4 dan Gambar 5(c) serta 5(d). Partikel zeolit dengan ukuran -10/+18; -18/+30; dan -30/+50 mesh dan massa yang ditingkatkan dari 5% menjadi 20% menunjukkan peningkatan kadar *eugenol*. Fenomena ini disebabkan oleh bertambahnya jumlah situs aktif pada permukaan adsorben yang dapat berinteraksi dengan molekul *eugenol* dan senyawa pengotor [21]. Namun, hasil adsorpsi menggunakan zeolit cenderung lebih rendah dibandingkan dengan karbon aktif, baik dalam peningkatan kadar *eugenol* maupun penurunan kadar β -caryophyllene. Ukuran partikel berpengaruh terhadap luas permukaan adsorpsi. Partikel berukuran lebih kecil, seperti -30/+50 mesh, memiliki luas permukaan lebih besar sehingga meningkatkan kemampuan adsorpsi terhadap senyawa dalam minyak cengkih [22]. Penggunaan karbon aktif berukuran -30/+50 mesh dengan massa adsorben 20% menghasilkan kadar *eugenol* tertinggi sebesar 70,15% dan kadar β -caryophyllene sebesar 17,18%. Meskipun mendekati standar SNI, hasil ini belum sepenuhnya memenuhi persyaratan [4]. Hal ini sejalan dengan hasil terbaik yang diperoleh pada karbon aktif -30/+50 mesh dengan massa 20%.



Gambar 6. Berat jenis minyak cengkih setelah proses adsorpsi menggunakan adsorben (a) karbon aktif; (b) zeolit

Perubahan berat jenis minyak cengkih setelah adsorpsi ditunjukkan pada Gambar 6. Berat jenis minyak meningkat setelah proses adsorpsi, meskipun belum sepenuhnya memenuhi standar SNI [4] yaitu 1,025–1,049 g/mL. Peningkatan ini menunjukkan bahwa proses adsorpsi telah membantu menghilangkan beberapa senyawa pengotor ringan yang

memengaruhi densitas minyak. Secara keseluruhan, kombinasi terbaik diperoleh dari penggunaan karbon aktif berukuran kecil (-30/+50 mesh) dengan massa 20% (w/v). Kombinasi ini terbukti paling efektif dalam meningkatkan kualitas minyak cengkih. Meskipun kadar *eugenol* dan berat jenis belum sepenuhnya memenuhi standar mutu SNI, proses adsorpsi menggunakan karbon aktif mampu menurunkan kadar β -caryophyllene serta memperbaiki warna dan berat jenis minyak secara signifikan [23].

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian, disimpulkan bahwa ukuran partikel, massa, dan jenis adsorben berpengaruh terhadap peningkatan kualitas minyak cengkih, terutama pada parameter warna, berat jenis, kadar *eugenol*, dan kadar β -*caryophyllene*. Adsorben berukuran partikel lebih kecil (-30/+50 mesh) dengan massa lebih besar yaitu 20% (w/v) menunjukkan efektivitas adsorpsi yang lebih tinggi karena memiliki luas permukaan spesifik dan jumlah situs aktif yang lebih besar. Hal ini menghasilkan minyak dengan warna lebih cerah, berat jenis mendekati standar, kadar *eugenol* yang meningkat, serta kadar β -*caryophyllene* yang menurun. Jenis adsorben juga memainkan peran penting, di mana karbon aktif terbukti lebih efektif dibandingkan zeolit dalam menyerap senyawa pengotor, khususnya senyawa non-polar seperti β -*caryophyllene*. Kombinasi terbaik diperoleh pada penggunaan karbon aktif ukuran -30/+50 mesh dengan massa 20%, yang memberikan peningkatan kualitas paling optimal.

Untuk penelitian selanjutnya, disarankan agar variasi waktu kontak dan suhu proses adsorpsi turut dikaji guna memperoleh hasil pemurnian yang lebih maksimal.

REFERENSI

- [1] J. Elisa Loppies, R. Wahyudi, E. Sri Rejeki, dan Aulia Winaldi, "Kualitas Minyak Atsiri Daun Cengkih Yang Dihasilkan Dari Berbagai Waktu Penyulingan," *Balai Besar Industri Hasil Perkebunan*, hal. 90–96, 2021.
- [2] A. T. Zari, T. A. Zari, dan K. R. Hakeem, "Anticancer properties of eugenol: A review," *Molecules*, vol. 26, hal. 1–17, 2021.
- [3] T. Marwati dan M. S. Rusli, "Pemucatan Minyak Daun Cengkeh Dengan Metode Khelasi Menggunakan Asam Sitrat," *Teknologi Pertanian Bogor*, vol. 17, no. 2, hal. 61–68, 2007.
- [4] Badan Standarisasi Nasional, *Standar Nasional Indonesia 06-2387-2006*. BSN, 2006.
- [5] Ma'mun, "Pemurnian Minyak Nilam dan Minyak Daun Cengkeh Secara Kompleksometri," *Jurnal Littri*, vol. 14, no. 1, hal. 36–42, 2008.
- [6] S. Bustaman, "Komoditas Ekspor di Maluku. Balai Besar Pengkajian dan Pengembangan Pertanian Bogor," *Jurnal Litbang Pertanian*, vol. 30, no. 4, hal. 1–4, 2011.
- [7] F. Insyirah dan M. Khair, "Pembuatan Karbon Aktif Secara Green Chemistry dari Tandan Sawit dengan Aktivasi Ultrasonik," *Chemistry Journal*, vol. 10, no. 1, hal. 28–32, 2021.
- [8] B. Aritonang, A. H. Ritonga, K. Harefa, D. Y. Wiratma, dan Herlina, "Purification of used Cooking Oil using a Combination of Activated Carbon and Bentonite Adsorbents," *Jurnal Farmashimed(JFM)*, vol. 7, no. 1, hal. 31–40, 2024.
- [9] V. Sivasankar dan T. Ramachandramoorthy, "Water softening behaviour of sand materials-Mimicking natural zeolites in some locations of Rameswaram Island, India," *Chemical Engineering Journal*, vol. 171, hal. 24–32, 2011.

- [10] A. A. Mufidah dan A. Takwanto, "Pengaruh Waktu Aktivasi Mekanokimia Dan Konsentrasi Naoh Terhadap Kadar Air Dan Kadar Abu Pada Adsorben Zeolit," *DISTILAT: Jurnal Teknologi Separasi*, vol. 9, no. 3, hal. 295–302, 2023.
- [11] S. Widiarti, L. Destiarti, dan N. Wahyuni, "Adsorpsi Senyawa Organik Pada Lindi TPA Batu Layang Menggunakan Zeolit Alam Teraktivasi," *Ar-Razi Jurnal Ilmiah*, vol. 10, no. 1, hal. 21, 2022.
- [12] F Syarifah; Hadiwidodo; Sudarno, "Pengaruh Konsentrasi Aktivator H₂SO₄ Dan Ukuran Media Arang Sekam Padi Sebagai Adsorben Terhadap Efektivitas Penurunan Logam Berat Fe, Zn dan Warna Limbah Cair," *Jurnal Teknik Lingkungan*, hal. 1–9, 2018.
- [13] W. Mandasari, B. Sitorus, D. Rahayu Jati, dan J. H. Hadari Nawawi, "Pembuatan dan Karakterisasi Adsorben Gas H₂S Dari Zeolit Alam," *Jurnal Kimia Khatulistiwa*, vol. 3, no. 2, hal. 112–119, 2014.
- [14] C. Dini Sofith dan S. Rahmadaniati Effendi, "Kinerja Aktivasi dan Impregnasi Zeolit Alam sebagai Adsorben Performance of Activation and Impregnation of Natural Zeolite as Adsorbent," *Jurnal Teknik Kimia USU*, vol. 9, no. 2, hal. 75–79, 2020.
- [15] Khalimatus, C. Evi Lusiani, R. Dwi Chrisnandari, W. Septia Witasari, D. Lailatul Aula, dan S. Triastutik, "Pengaruh Proses Aktivasi Kimia Terhadap Karakteristik Adsorben dari Kulit Pisang Kepok (*Musa acuminata* L.)," *Jurnal Chemurgy*, vol. 4, no. 1, hal. 18–22, 2020.
- [16] H. P. Popy Sugiani, "Daya Serap Dan Karakterisasi Arang Aktif Tulang Sapi Yang Teraktivasi Natrium Karbonat Terhadap Logam Tembaga," *Chimica et Natura Acta*, vol. 3, no. 2, hal. 48–53, 2015.
- [17] Sirajuddin, M. Syahrir, dan I. Syahrir, "Optimasi Kecepatan Pengadukan Pada Proses Adsorpsi Limbah Cair Laundry Untuk Menurunkan Kadar Surfaktan Menggunakan Batu Bara," *Seminar Nasional Sains Dan Teknologi*, hal. 1–8, 2017.
- [18] H. Nurfarizha, T. Wirawan, dan N. Tri Widodo, "Adsorpsi Fenol Oleh Arang Aktif Ampas Kopi Teraktivasi Fisik dan Kimia," *Jurnal Atomik*, vol. 6, no. 2, hal. 111–118, 2021.
- [19] A. Y. Ilma, T. Sulistyarningsih, dan N. Widiarti, "Karakterisasi dan Uji Sifat Fisik Material Zeolit Moidifikasi Magnetit Sebagai Adsorben Ion Klorida dalam Larutan Berair," *Indonesian Journal of Chemical Science*, vol. 8, no. 2, hal. 88–92, 2019.
- [20] I. Syauqiah, M. Amalia, dan Kartini H., "Analisis Variasi Waktu Dan Kecepatan Pengaduk Pada Proses Adsorpsi Limbah Logam Berat Dengan Arang Aktif," *Info Teknik*, vol. 12, no. 1, hal. 11–20, 2017.
- [21] I. Syafrianda dkk., "Pengaruh Waktu Kontak dan Laju Pengadukan Terhadap Adsorpsi Zat Warna Pada Air Gambut Menggunakan Adsorben Limbah Biosolid Land Application Industri Minyak Kelapa Sawit," *Jurnal Online Mahasiswa*, vol. 4, hal. 1–6, 2017.
- [22] R. Alfi, F. Lubis, H. I. Nasution, dan M. Zubir, "Production of Activated Carbon from Natural Sources for Water Purification," *Indonesian Journal of Chemical Science and Tecnology*, vol. 3, no. 2, hal. 67–73, 2020.
- [23] F. Widiyoko, "Evaluasi Pengkelatan Minyak Atsiri Daun Cengkeh Dengan Senyawa Asam Sitrat," Skripsi, Universitas Brawijaya, Malang, 2011.