MASALIQ
Jurnal Pendidikan dan Sains

e-ISSN: 2808-8115
p-ISSN: 2809-1051

Terindeks: Sinta 5, Copernicus, Dimensions, Scilit, Lens, Crossref, Garuda, Google Scholar, Base, etc

https://doi.org/10.58578/masaliq.v5i3.6040

OPTIMASI WAKTU KALSINASI KARBON AKTIF DARI BUNGA CEMARA LAUT (*Casuarina equisetifolia*) DALAM KOMBINASI DENGAN *BLEACHING EARTH* UNTUK PEMURNIAN MINYAK JELANTAH

Optimization of Calcination Time of Activated Carbon from *Casuarina equisetifolia* Flowers in Combination with Bleaching Earth for the Purification of Used Cooking Oil

Radhiatul Fadila & Umar Kalmar Nizar
Universitas Negeri Padang
joradhia@gmail.com

Article Info:

Submitted:	Revised:	Accepted:	Published:
Apr 16, 2025	May 14, 2025	May 26, 2025	May 31, 2025

Abstract

Used cooking oil is a byproduct of repeated frying processes that undergoes quality degradation due to continuous oxidation and heating, resulting in harmful compounds such as free fatty acids, peroxides, and polymers. This study aims to evaluate the effectiveness of purifying used cooking oil using a combination of two adsorbents: activated carbon derived from *Casuarina equisetifolia* (beach she-oak) flowers activated with NaOH, and *bleaching earth*. Activated carbon was synthesized through calcination at varying durations of 45, 60, 75, and 90 minutes to determine the optimal condition. The oil quality was evaluated by measuring acid number, saponification value, density, moisture content, and functional group analysis using infrared spectroscopy (*FTIR*). The results indicate that activated carbon calcined for

Masaliq Journal is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License

60 minutes produced the best outcomes, reducing the acid number from 14.92 to 5.07 mg KOH/g, increasing the saponification value to 43.33 mg KOH/g, achieving a density of 0.8693 g/mL in accordance with national standards (SNI), and reducing moisture content to 0.4330%. *FTIR* analysis showed decreased intensity in carbonyl groups and the disappearance of hydroxyl groups, indicating effective removal of polarized and oxidized compounds. These findings demonstrate that the combination of activated carbon from *Casuarina equisetifolia* flowers and *bleaching earth* is an effective and environmentally friendly purification method, supporting the sustainable use of biomass waste as adsorbent material.

Keywords: Used Cooking Oil; Activated Carbon; *Casuarina equisetifolia*; Calcination; Bleaching Earth

Abstrak: Minyak jelantah merupakan hasil sampingan dari proses penggorengan berulang yang mengalami penurunan mutu akibat oksidasi dan pemanasan terus-menerus, sehingga menghasilkan senyawa berbahaya seperti asam lemak bebas, peroksida, dan polimer. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi efektivitas pemurnian minyak jelantah menggunakan kombinasi dua jenis adsorben, yaitu karbon aktif dari bunga cemara laut (*Casuarina equisetifolia*) yang diaktivasi dengan NaOH dan *bleaching earth*. Karbon aktif disintesis melalui proses kalsinasi dengan variasi waktu 45, 60, 75, dan 90 menit untuk menentukan kondisi paling optimal. Evaluasi kualitas minyak dilakukan dengan mengukur bilangan asam, bilangan penyabunan, densitas, kadar air, serta analisis gugus fungsi menggunakan spektroskopi inframerah (*FTIR*). Hasil menunjukkan bahwa karbon aktif dengan waktu kalsinasi 60 menit memberikan hasil terbaik, dengan penurunan bilangan asam dari 14,92 menjadi 5,07 mg KOH/g, peningkatan bilangan penyabunan menjadi 43,33 mg KOH/g, densitas 0,8693 g/mL yang sesuai standar SNI, dan kadar air menurun hingga 0,4330%. Analisis *FTIR* memperlihatkan penurunan intensitas gugus karbonil serta hilangnya gugus hidroksil, mengindikasikan penghilangan senyawa terpolarisasi dan teroksidasi secara efektif. Temuan ini menunjukkan bahwa kombinasi karbon aktif dari bunga cemara laut dan *bleaching earth* merupakan metode pemurnian yang efektif dan ramah lingkungan, serta mendukung pemanfaatan limbah biomassa sebagai adsorben berkelanjutan.

Kata Kunci: Minyak Jelantah; Karbon Aktif; Bunga Cemara Laut; Kalsinasi; *Bleaching Earth*.

PENDAHULUAN

Minyak jelantah merupakan minyak goreng bekas yang telah mengalami kerusakan fisik dan kimia akibat pemanasan berulang. Meskipun kualitasnya menurun, minyak jelantah sering digunakan kembali karena alasan ekonomis dan penghematan. Kandungan minyak jelantah biasanya ditandai dengan peningkatan kadar asam lemak bebas (FFA), nilai peroksida yang tinggi, serta terbentuknya senyawa oksidasi dan polimer yang berbahaya. Kadar asam lemak bebas yang tinggi menunjukkan adanya degradasi trigliserida menjadi asam lemak, yang

dapat menurunkan mutu minyak dan menyebabkan rasa serta bau tidak sedap (Medeiros Vicentini-Polette et al., 2021).

Peningkatan nilai peroksida menandakan terjadinya oksidasi lipid yang menghasilkan radikal bebas dan senyawa peroksida, oksidasi lipid juga menghasilkan senyawa sampingan beracun seperti senyawa karbonil reaktif (RCCs) yang dapat menghasilkan produk akhir oksidasi lipid lanjut (ALEs), yang berpotensi berbahaya bagi kesehatan (Fadda et al., 2022). Selain itu, senyawa polimer yang terbentuk dari pemanasan berulang bersifat toksik dan dapat meningkatkan risiko gangguan kesehatan, seperti kerusakan hati, gangguan pencernaan, dan potensi kanker (Putri Utami Susanto et al., 2020). Melihat berbagai dampak negatif tersebut, pemurnian minyak jelantah menjadi langkah penting untuk mengurangi kandungan senyawa berbahaya dan memperbaiki kualitasnya.

Berbagai metode pemurnian, seperti adsorpsi, netralisasi, dan penyaringan, telah dikembangkan untuk menurunkan kadar asam lemak bebas (FFA), nilai peroksida, serta menghilangkan senyawa oksidasi dan polimer dalam minyak jelantah. Di antara metode tersebut, adsorpsi merupakan salah satu teknik yang paling umum digunakan karena kemudahannya dan efektivitasnya dalam menghilangkan kontaminan (Bostan et al., 2024). Metode ini memanfaatkan bahan adsorben seperti karbon aktif dan bleaching earth. Karbon aktif memiliki luas permukaan spesifik yang tinggi dan kapasitas adsorpsi yang besar terhadap senyawa polar maupun non-polar, sehingga efektif dalam menurunkan nilai peroksida dan FFA serta menyerap senyawa berbahaya seperti radikal bebas dan polimer hasil oksidasi (Sari et al., 2021).

Penelitian-penelitian telah melaporkan efektivitas karbon aktif dalam pemurnian minyak jelantah.Yatmani et al., (2022) melaporkan bahwa karbon aktif dari kulit durian yang diaktivasi menggunakan HCl 4 M pada suhu 400°C selama 24 jam mampu menurunkan nilai peroksida sebesar 30,26%, FFA sebesar 57,14%, dan kadar air sebesar 45%. karbon aktif dari serat kelapa mampu menurunkan kadar FFA hingga 93%, sehingga menjadikannya bahan baku potensial untuk produksi biodiesel (Oktavian et al., 2020). Penelitian terbaru oleh Arman et al., (2024) menunjukkan bahwa karbon aktif dari kulit buah kakao dapat menurunkan nilai peroksida hingga 32,20 meq/kg, FFA hingga 0,79%, dan kadar air hingga 0,08% dalam minyak jelantah. Berdasarkan keberhasilan tersebut, karbon aktif karbon aktif berpotensi menjadi adsorben efektif dalam proses pemurnian minyak jelantah untuk meningkatkan kualitas dan memperpanjang masa pakainya.

Salah satu bahan baku alternatif yang memiliki potensi besar untuk dijadikan karbon aktif adalah Bunga Cemara Laut (*Casuarina equisetifolia*). Bunga cemara laut mengandung senyawa karbon organik dan struktur lignoselulosa yang memungkinkan pembentukan pori-pori mikro dan meso saat proses karbonisasi dan aktivasi, sehingga menghasilkan karbon aktif dengan luas permukaan tinggi dan daya adsorpsi yang baik (Radwan et al., 2023). Pada penelitian Patil et al., (2025).mendemonstrasikan bagian-bagian dari pohon tersebut seperti buah, kulit, jarum, dan daun dimanfaatkan untuk menghasilkan karbon aktif melalui proses pirolisis pada suhu rendah (773 K). Karbon aktif yang dihasilkan memiliki luas permukaan sebesar 1007 m^2/g dan digunakan untuk mengadsorpsi polutan fenolik seperti fenol dan 2,4-diklorofenol (2,4-DCP) dari air limbah sintetis. Dengan memanfaatkan limbah biomassa seperti bunga cemara laut, tidak hanya diperoleh karbon aktif yang efektif, tetapi juga mendukung prinsip keberlanjutan dan ekonomi sirkular dalam pengolahan limbah minyak jelantah (Abdullah et al., 2021).

Bleaching earth merupakan adsorben berbasis tanah liat alami yang kaya akan mineral seperti silika, alumina, dan oksida besi, dengan kemampuan adsorpsi tinggi terhadap berbagai kontaminan dalam minyak. Dalam pemurnian minyak jelantah, *bleaching earth* efektif menyerap pigmen, senyawa oksidasi, dan asam lemak bebas (FFA)(Abdelbasir et al., 2023). Akbar et al., (2022) melaporkan bahwa penggunaan 20% *bleaching earth* pada 100°C dan 1000 rpm menurunkan bilangan asam menjadi 4,8 dan peroksida menjadi 20,5 Namun, efektivitas tunggal dari bleaching earth belum cukup optimal untuk menghilangkan semua kontaminan dalam minyak jelantah, seperti senyawa warna, bau, dan residu organik kompleks.

Pada peneltian ini digunakan kombinasi dua adsorben bleaching earth dan karbon aktif yang berasal dari limbah bunga cemara laut yang dipertimbangkan sebagai bahan baku alternatif dengan potensi adsorpsi tinggi untuk pemurnian minyak jelantah. Kombinasi ini memanfaatkan kemampuan bleaching earth menyerap senyawa polar dan karbon aktif menyerap senyawa non-polar, sehingga menghasilkan minyak dengan kualitas yang lebih baik. Penelitian ini diharapkan dapat mengembangkan metode pemurnian yang lebih efisien dan efektif dalam menurunkan kadar kontaminan pada minyak jelantah, sehingga minyak hasil pemurnian memenuhi standar mutu dan aman untuk digunakan kembali.

METODE

Penelitian ini dilakukan pada bulan April 2025 sampai Mei 2025 di Laboratorium Penelitian Departemen Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang. Penelitian ini menggunakan alat-alat sebagaimana gelas kima, gelas ukur, thermometer, klem, stirrer, batang pengaduk botol vial. Adapun bahan yang digunakan yaitu Minyak jelantah, karbon Bunga Cemara Laut, Beaching earth, NaoH, HCL. Tujuan utam penelitian ini adalah membuktikan ke efektivan Kombinasi Karbon Aktif dari Bunga Cemara Laut *(Casuarina equisetifolia)* dengan Bleaching Earth untuk Pemurnian Minyak Jelantah

Preparasi Karbon dari Bunga Cemara Lut

Limbah Bunga Cemara Laut dikeringkan melalui penjemuran selama tujuh hari di bawah paparan sinar matahari, kemudian dilanjutkan dengan pengeringan menggunakan oven pada suhu 110°C selama 24 jam. Sampel kering selanjutnya dikalsinasi selama 1 jam dengan variasi waktu pemanasan pada 45, 60, 75, dan 90 menit yang merujuk pada penelitian (Ravichandran et al., 2018). Hasil kalsinasi disimpan dalam desikator, kemudian digerus hingga membentuk serbuk halus. Aktivasi kimia dilakukan dengan menggunakan larutan NaOH 1 M, dan karbon teraktivasi yang diperoleh selanjutnya diaplikasikan dalam proses pemurnian minyak jelantah dengan ditambahkan *bleaching earth* yang sudah di *furnace*.



Gambar 1. Karbonisasi

Aktivasi Karbon Bunga Cemara laut

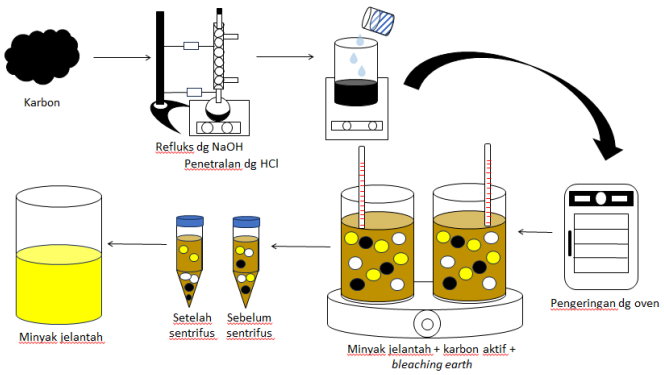
Aktivasi karbon dengan NaoH merujuk dari metode yang telah dilakukan oleh (Premchand et al., 2024). dengan merefluks 5 gram karbon hasil karbonisasi menggunakan 25 mL larutan NaOH 1 M selama ±24 jam. Proses ini bertujuan untuk menghasilkan karbon

aktif. Karbon aktif yang terbentuk kemudian dicuci dengan larutan HCl 1 M hingga mencapai pH netral. Setelah proses pencucian selesai, karbon dikeringkan menggunakan oven pada suhu 110°C selama kurang lebih 3 jam, lalu disimpan dalam desikator untuk mencegah kontaminasi kelembapan.

Penjernihan Minyak Jelantah

Penelitian ini menggunakan prosedur yang dimodifikasi dan dikombinasikan dari beberapa metode yang telah dilaporkan sebelumnya, disesuaikan dengan kebutuhan penelitian. Sebanyak 50 mL minyak jelantah dimasukkan ke dalam gelas kimia 250 mL, kemudian ditambahkan 1 gram karbon aktif dari bunga cemara laut dan dipanaskan pada suhu 100°C selama 1 jam. Setelah proses pemanasan, campuran didinginkan hingga mencapai suhu ruang, lalu disaring untuk memisahkan karbon aktif dari minyak. Minyak hasil penyaringan kemudian diberi tambahan 2 gram *bleaching earth* dan dipanaskan kembali pada suhu 80°C selama 30 menit. Setelah itu, campuran ditutup rapat dan didiamkan selama 24 jam. Tahap akhir melibatkan penyaringan ulang dan sentrifugasi pada kecepatan 3000 rpm selama 15 menit guna memisahkan sisa *bleaching earth* dan karbon aktif dari minyak jelantah.

Skema Kerja



Analisis pengujian sifat-sifat minyak jelantah hasil pemurnian

1. Uji Bilangan Asam

Sebanyak 0,5 gram minyak jelantah ditimbang dan dimasukkan ke dalam erlenmeyer. Selanjutnya, ditambahkan 25 mL etanol ke dalam erlenmeyer tersebut. Mulut erlenmeyer ditutup menggunakan plastik wrap yang telah diberi lubang-lubang kecil. Campuran kemudian dipanaskan sambil diaduk (*stirring*) hingga homogen. Setelah campuran merata, tambahkan tiga tetes indikator fenolftalein (PP). Proses titrasi dilakukan dengan larutan KOH dalam etanol 0,5 M hingga muncul perubahan warna menjadi merah muda samar (pink

selayang). Volume larutan KOH/etanol yang digunakan dicatat. Prosedur ini diulang untuk setiap variasi sampel minyak jelantah. Bilangan asam diperoleh dengan persamaan :

$$\text{Bilangan asam} = \frac{\text{VKOH} \times \text{MKOH} \times 56{,}11}{\text{Berat Sampel}}$$

2. Uji Densitas

Menimbang piknometer kosong dan catat beratnya, panaskan minyak jelantah dengan penangas hingga mencapai suhu 40°C kemudian masukkan ke dalam piknometer yang telah ditimbang sebelumnya, timbang berat pikonometer setelah ditambahkan minyak jelantah, tentukan densitas minyak jelantah yang telah dimurnikan dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Densitas} = \frac{\text{W2} - \text{W1}}{\text{V}}$$

Keterangan:

W_1 = berat piknometer kosong (gram)

W_2 = berat piknometer yang telah diisi sampel (gram)

V = volume piknometer (mL)

3. Uji Bilangan Penyabunan

Menimbang sebanyak 1 gram minyak jelnatah yang kemudian dimasukkan ke dalam labu erlemeyer. Campuran 12,5 ml KOH dalam etanol kemudian ditambahkan ke dalam labu dan diaduk selama 5-10 menit hingga campuran terlarut sepenuhnya. Labu kemudian ditutup dengan wrap untuk mencegah kontaminasi. Proses titrasi dimulai dengan menggunakan larutan HCl 0,5 M, dan titik akhir dicapai ketika larutan kembali ke warna yang bening setelah penambahan 1 tetes indikator fenolftalein. Persamaan bilangan penyabunan :

$$\text{SV} = \frac{[(V\ HCL\ blanko - V\ HCL\ sampel) \times MHCL \times BM\ KOH]}{Berat\ sampel}$$

4. Uji Kadar Air

Keringkan cawan porselen menggunakan oven dengan suhu 110°C selama 1 jam, dinginkan dalam desikator, timbang sampel minyak jelantah menggunakan cawan porselen sebanyak 2 gram, oven hingga berat konstan. Sebelum dilakukan penimbangan terhadap cawan porselen yang berisi minyak jelantah yang telah di oven, pastikan pendinginan cawan porselen dilakukan dalam desikator. Setelah cawan porselen dingin, timbang cawan porselin yang berisi minyak jelantah.

$$\text{Kadar Air} = \frac{W1-W2}{W1} \times 100\%$$

Keterangan:

W_1 = berat sampel dalam cawan porselen sebelum dipanaskan (gram)

W_2 = berat sampel dalam cawan porselen setelah dipanaskan (gram)

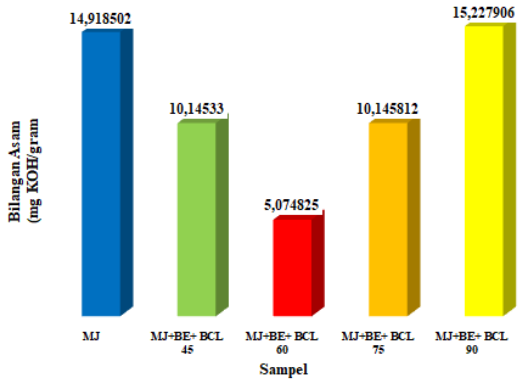
5. Uji dengan FTIR

Sampel diuji di Laboratorium Kimia FMIPA UNP dengan alat Perkin Elmer Frontier FT-IR spectrometer, UATR.

HASIL

Proses pembuatan karbon aktif dimulai dengan pengeringan bunga cemara laut di bawah sinar matahari. Karbon aktif yang diperoleh lalu diaplikasikan dalam pemurnian minyak jelantah bersama bleaching earth. Proses ini meningkatkan kualitas minyak bekas sehingga layak untuk digunakan kembali. Kombinasi keduanya efektif dalam menyerap senyawa berbahaya seperti asam lemak bebas, pigmen, dan peroksida (Ardhani et al., 2024).

Bilangan asam awal minyak jelantah sebesar 14,918502 mg KOH/gram berhasil ditekan menjadi 5,074825 mg KOH/gram setelah pemurnian menggunakan karbon aktif BCL yang dikalsinasi selama 60 menit dan bleaching earth, sebagaimana ini mencerminkan tingginya kandungan asam lemak bebas akibat proses degradasi termal dan oksidatif selama penggunaan berulang (Mannu et al., 2023).

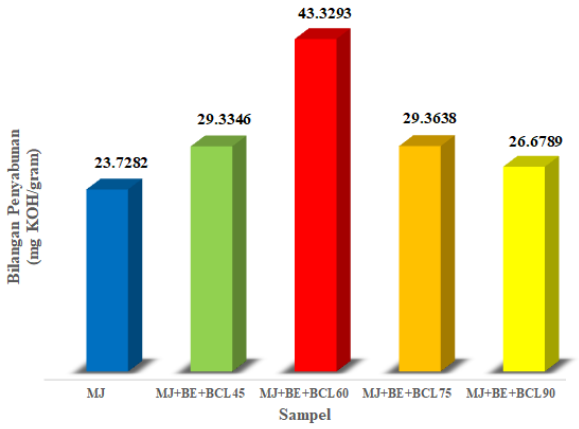


Gambar 2. Uji Bilangan Asam

Hasil ini menunjukkan pengurangan signifikan kandungan asam lemak bebas yang menjadi indikator utama degradasi minyak. Sebaliknya, perlakuan dengan waktu kalsinasi lebih dari

60 menit (75 dan 90 menit) justru menunjukkan peningkatan kembali bilangan asam akibat over-kalsinasi.

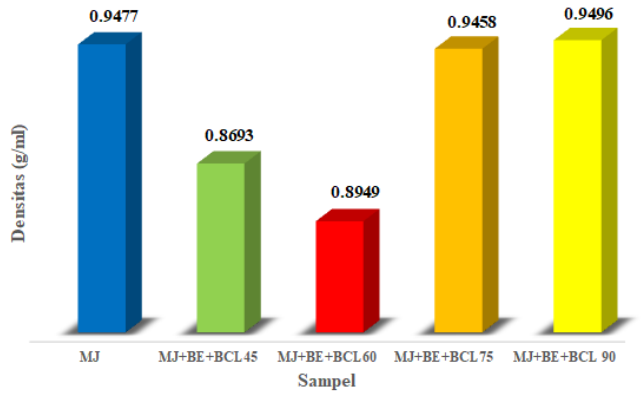
Bilangan penyabunan merupakan parameter penting dalam menentukan kadar asam lemak bebas dalam minyak. Hasil pengujian bilangan penyabunan dapat dilihat pada Gambar 3:



Gambar 3. Uji Bilangan Penyabunan

Parameter bilangan penyabunan, nilai tertinggi sebesar 43,3293 mg KOH/gram dicapai pada perlakuan BCL 60 menit. Efektivitas karbon aktif dari biomassa dalam proses pemurnian minyak jelantah telah dilaporkan dalam penelitian sebelumnya. Karbon aktif yang dibuat dari serat kelapa mampu meningkatkan kualitas minyak jelantah secara signifikan, dengan waktu kontak dan karakter karbon yang berperan penting dalam efektivitas adsorpsi (Oktavian et al., 2020). Hal ini mengindikasikan bahwa struktur trigliserida dalam minyak tetap terjaga dengan baik, dan senyawa-senyawa pengotor berhasil dihilangkan. Penurunan drastis bilangan penyabunan pada perlakuan 90 menit menunjukkan bahwa waktu kalsinasi yang terlalu lama justru merusak struktur pori karbon aktif, sehingga mengurangi daya adsorpsinya (Kurnia et al., 2022).

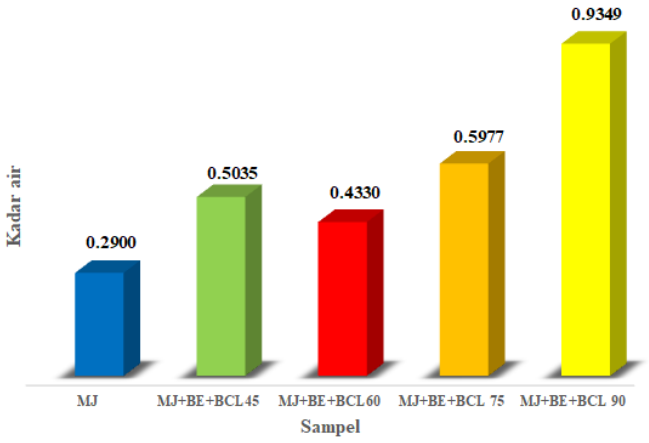
Pengujian densitas memperkuat temuan sebelumnya, sebagaimana minyak jelantah cenderung memiliki densitas lebih tinggi akibat akumulasi senyawa degradasi selama periode penyimpanan (Bruun et al., 2021). Hasil pengujian densitas yang dihasilkan tercantum pada Gambar 4:



Gambar 4. Uji Densitas

Densitas minyak hasil pemurnian dengan BCL 60 menit berada pada angka 0,8693 g/mL. Nilai ini berada dalam rentang standar SNI 7182-2015 (0,850–0,890 g/mL), menandakan kualitas minyak yang baik. Densitas meningkat kembali pada perlakuan BCL 75 dan 90 menit, menunjukkan penurunan efektivitas adsorpsi serta mendekati nilai awal minyak jelantah. Ini mengindikasikan kejenuhan adsorben atau reabsorpsi senyawa pengotor (Alabi-Babalola et al., 2021)..

Kadar air yang tinggi dapat mempercepat degradasi minyak melalui reaksi hidrolisis dan oksidasi, serta berdampak negatif terhadap kestabilan dan keamanan minyak jika digunakan Kembali (Setyawardhani et al., 2022). Kadar air minyak jelantah (MJ) dan minyak jelantah setelah dimurnikan dapat dilihat pada Gambar 5:

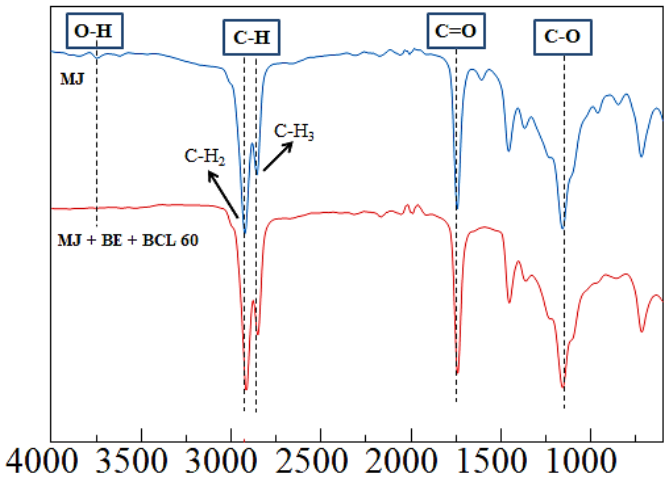


Gambar 5. Uji Kadar air

Hasil uji kadar air pada Gambar 5 menunjukkan bahwa kadar air menunjukkan perlakuan BCL 60 menit juga memberikan hasil terbaik dengan kadar air sebesar 0,4330. Nilai ini lebih

rendah dibandingkan perlakuan 45 menit, dan jauh lebih baik dibandingkan perlakuan 75 dan 90 menit yang menunjukkan peningkatan kadar air akibat penurunan kemampuan adsorpsi dan sifat higroskopis bleaching earth. Kelembapan ini mempercepat degradasi minyak melalui hidrolisis dan oksidasi, menurunkan kualitas dan stabilitas minyak (He et al., 2023).

Analisis FTIR dilakukan untuk melihat perubahan gugus fungsi sebelum dan sesudah pemurnian, seperti ditunjukkan pada gambar 6. berikut:



Gambar 6. Spektra FTIR minyak jelantah dan minyak jelantah hasil pemurnian

Analisis FTIR mengonfirmasi terjadinya proses pemurnian yang efektif. Terdapat penurunan intensitas serapan gugus karbonil (C=O) dan hilangnya serapan gugus hidroksil (–OH), yang menandakan keberhasilan penghilangan senyawa polar dan oksidatif tanpa merusak struktur dasar trigliserida. Spektrum FTIR sebelum dan sesudah pemurnian menunjukkan perbedaan signifikan yang mendukung efektivitas metode pemurnian yang diterapkan. Penurunan ini menunjukkan terjadinya adsorpsi ringan terhadap komponen non-trigliserida atau senyawa rantai pendek yang menyerap di sekitar daerah ini (Bostan et al., 2024)

Bagian ini merupakan bagian utama artikel yang disajikan mulai dari hasil utama sampai hasil pendukung dan dilengkapi dengan deskripsi singkat. Proses analisis data seperti perhitungan statistik dan proses pengujian hipotesis tidak perlu disajikan. Hanya hasil analisis dan hasil pengujian hipotesis saja yang perlu disajikan. Untuk penelitian kualitatif, bagian hasil memuat bagian-bagian rinci dalam bentuk sub topik-sub topik yang berkaitan langsung dengan fokus penelitian.

PEMBAHASAN

Pemanfaatan bunga cemara laut (Casuarina equisetifolia) sebagai bahan baku karbon aktif merupakan pendekatan inovatif yang mendukung prinsip ekonomi sirkular dan pengelolaan limbah berbasis lingkungan. Bunga cemara laut diketahui memiliki kandungan lignoselulosa yang tinggi, yang memainkan peranan penting dalam pembentukan struktur pori mikro dan meso selama proses karbonisasi. Struktur kimia organik dari bunga ini memungkinkan pembentukan karbon aktif dengan luas permukaan yang besar dan kemampuan adsorpsi yang tinggi, menjadikannya alternatif yang potensial dalam pengolahan limbah cair, khususnya minyak jelantah (Al-Ma'abreh et al., 2025).

Pembuatan karbon aktif dari bunga cemara laut diawali dengan proses pengeringan di bawah sinar matahari, diikuti dengan proses karbonisasi menggunakan furnace pada berbagai durasi, yaitu 45, 60, 75, dan 90 menit (Ravichandran et al., 2018). Selanjutnya, karbon hasil kalsinasi diaktivasi menggunakan larutan NaOH untuk meningkatkan luas permukaan dan kemampuan adsorpsi (Premchand et al., 2024). Karbon aktif yang dihasilkan kemudian digunakan dalam proses pemurnian minyak jelantah, bersama dengan bleaching earth (BE), untuk menghilangkan senyawa pengotor seperti asam lemak bebas, pigmen, dan peroksida (Ardhani et al., 2024). Kombinasi ini efektif dalam meningkatkan kualitas minyak bekas agar layak digunakan kembali, sekaligus memberikan nilai tambah dari limbah yang semula tidak bernilai.

Salah satu parameter penting dalam evaluasi pemurnian minyak jelantah adalah bilangan asam, yang menunjukkan konsentrasi asam lemak bebas dalam minyak. Nilai bilangan asam yang tinggi mencerminkan tingkat degradasi minyak akibat pemanasan berulang atau oksidasi (Tsai et al., 2023; Khaled et al., 2024). Dalam penelitian ini, minyak jelantah tanpa perlakuan memiliki bilangan asam sebesar 14,918502 mg KOH/gram (Mannu et al., 2023). Setelah perlakuan dengan karbon aktif BCL dan bleaching earth, bilangan asam menurun paling signifikan pada waktu kalsinasi 60 menit, yaitu sebesar 5,074825 mg KOH/gram, yang menunjukkan bahwa karbon aktif pada kondisi ini memiliki struktur pori dan luas permukaan paling optimal untuk mengadsorpsi asam lemak bebas (Chetima et al., 2024). Namun, peningkatan waktu kalsinasi hingga 75 dan 90 menit justru menyebabkan peningkatan kembali bilangan asam, yang disebabkan oleh kerusakan struktur karbon akibat overheating (Chandrasekaran et al., 2021).

Selain bilangan asam, bilangan penyabunan juga dianalisis sebagai indikator kualitas minyak. Bilangan penyabunan yang tinggi menunjukkan jumlah trigliserida yang stabil dan berkurangnya asam lemak bebas. Minyak jelantah tanpa perlakuan memiliki bilangan penyabunan sebesar 23,7282 mg KOH/gram, sedangkan perlakuan MJ + BE + BCL 60 menghasilkan nilai tertinggi, yaitu 43,3293 mg KOH/gram (Ivanova et al., 2022). Hal ini menunjukkan efektivitas adsorpsi karbon aktif terhadap senyawa pengotor. Sebaliknya, pada waktu kalsinasi 90 menit, nilai bilangan penyabunan menurun menjadi 26,6789 mg KOH/gram, yang menandakan terjadinya kerusakan struktur pori karbon aktif karena over-kalsinasi (Kurnia et al., 2022).

Pengujian densitas dilakukan untuk menilai kandungan senyawa pengotor dalam minyak. Minyak jelantah awal menunjukkan densitas 0,9477 g/mL, yang menandakan adanya akumulasi senyawa degradasi (Bruun et al., 2021). Perlakuan MJ + BE + BCL 60 berhasil menurunkan densitas menjadi 0,8693 g/mL, sesuai dengan standar SNI 7182-2015 (Mishra et al., 2023). Namun, pada waktu kalsinasi 75 dan 90 menit, densitas kembali meningkat mendekati nilai awal karena kemungkinan kejenuhan adsorben atau reabsorpsi senyawa degradasi (Alabi-Babalola et al., 2021; Husnah et al., 2023).

Kadar air dalam minyak juga menjadi parameter penting karena berpengaruh pada stabilitas dan umur simpan minyak. Minyak jelantah tanpa perlakuan memiliki kadar air sebesar 0,2900. Setelah perlakuan menggunakan karbon aktif BCL hasil kalsinasi 45 menit, kadar air justru meningkat menjadi 0,5035, yang mengindikasikan bahwa struktur karbon belum sepenuhnya terbentuk (Abdul Hidayat S et al., 2024). Sampel dengan waktu kalsinasi 60 menit menunjukkan penurunan kadar air menjadi 0,4330, namun kembali meningkat pada perlakuan 75 dan 90 menit akibat penurunan kapasitas adsorpsi dan sifat higroskopis bleaching earth (Iryani et al., 2023; He et al., 2023).

Analisis lebih lanjut dilakukan menggunakan FTIR untuk mengidentifikasi perubahan gugus fungsi kimia pada minyak. Hasil spektrum menunjukkan penurunan intensitas puncak pada 2922 cm^{-1} dan 2856 cm^{-1} yang berhubungan dengan gugus metilen dan metil, serta puncak karbonil (1743 cm^{-1}) yang berkaitan dengan ester dalam struktur trigliserida, menandakan keberhasilan proses adsorpsi terhadap senyawa non-trigliserida (Bostan et al., 2024; Alshuiael & Al-Ghouti, 2020). Yang paling signifikan adalah hilangnya puncak hidroksil pada 3744 cm^{-1} dan 3840 cm^{-1} setelah pemurnian, menunjukkan bahwa

senyawa polar telah berhasil dihilangkan oleh kombinasi karbon aktif dan bleaching earth (Almeida et al., 2019).

Secara keseluruhan, karbon aktif dari bunga cemara laut yang dikalsinasi selama 60 menit dan diaktivasi dengan larutan NaOH 1 M memberikan hasil paling optimal dalam menurunkan bilangan asam, meningkatkan bilangan penyabunan, menurunkan densitas dan kadar air minyak jelantah, serta menunjukkan perubahan kimiawi yang signifikan berdasarkan spektra FTIR. Temuan ini menunjukkan bahwa proses pemurnian menggunakan bahan alami ini tidak hanya efektif secara fisik dan kimia, tetapi juga mendukung pengolahan limbah yang berkelanjutan dan ramah lingkungan.

KESIMPULAN

Penggunaan kombinasi *bleaching earth* dan karbon aktif yang berasal dari bunga cemara laut (*Casuarina equisetifolia*) terbukti efektif dalam upaya pemurnian minyak jelantah, sebagaimana ditunjukkan oleh perbaikan parameter kualitas minyak. Optimasi proses kalsinasi karbon aktif pada 60 menit menghasilkan adsorben dengan kemampuan superior. Hal ini tercermin dari penurunan bilangan asam yang signifikan menjadi 5,074825 mg KOH/gram dari nilai awal 14,918502 mg KOH/gram, serta peningkatan bilangan penyabunan tertinggi hingga 43,3293 mg KOH/gram. Selain itu, densitas minyak jelantah pasca-pemurnian pada kondisi optimum ini menurun menjadi 0,8693 g/ml, yang berada dalam rentang standar SNI 7182-2015 (0,850-0,890 g/mL). Meskipun terjadi fluktuasi pada kadar air, nilai 0,4330 pada kalsinasi 60 menit menunjukkan peningkatan efisiensi adsorpsi dibandingkan kalsinasi 45 menit. Analisis spektroskopi FTIR lebih lanjut mengonfirmasi keberhasilan eliminasi gugus hidroksil (–OH) dan pengurangan intensitas gugus karbonil (C=O), yang mengindikasikan efektivitas adsorben dalam menghilangkan senyawa polar, air, dan produk degradasi oksidatif tanpa merusak struktur trigliserida.

DAFTAR PUSTAKA

Abdelbasir, S. M., Shehab, A. I., & Khalek, M. A. A. (2023). Spent bleaching earth; recycling and utilization techniques: A review. In *Resources, Conservation and Recycling Advances* (Vol. 17). Elsevier Inc. https://doi.org/10.1016/j.rcradv.2022.200124

Abdullah, M., Faizz Azmi, A. N., Muzakhar Azahar, M. Z., Mohd Amri, F. N., Kadiran, K. A., Lat, D. C., Kasim, H. A., & Khalid, A. H. (2021). Application of Casuarina

equisetifolia needle for the removal of heavy and light oil waste. *AIP Conference Proceedings*, *2339*. https://doi.org/10.1063/5.0044212

Akbar, T., Hendro, A., Ferdy, E. D., & Edward, L. (n.d.). Pemurnian Minyak Goreng Bekas dengan Menggunakan Adsorbent Zeolit dan Bleaching Earth. In *Indonesian Journal of Halal* (Vol. 4, Issue 1).

Alabi-Babalola, O., Aransiola, E., & Shittu, T. (2021). Adsorption and Kinetic Study of Activated Carbon Produced from Post-Consumer Low-Density Polyethylene (LDPE) Wastes. *Advances in Chemical Engineering and Science*, *11*(01), 38–64. https://doi.org/10.4236/aces.2021.111004

Ardhani, K., Pratiwi, N., Naila Puspita, S., Amalia, R., Muna, M. C., Febiola, F., Alimawati, Q. C., & Wulandari, H. H. (2024). *Analisis Perbandingan Hasil Pemurnian Minyak Jelantah Menggunakan Adsorben Bleaching Earth, Tempurung Kelapa, dan Arang* (Vol. 3, Issue 2). http://jurnalilmiah.org/journal/index.php/majemuk

Arman, A., Sukmawati Arifin, A., Hasizah Mochtar, A., & Irsaulul Nurhisna, N. (2024). Application of Activated Carbon from Cocoa Pod Husk (Theobroma cacao L.) in Used Cooking Oil. *BIO Web of Conferences*, *96*. https://doi.org/10.1051/bioconf/20249601032

Bostan, R., Glevitzky, M., Varvara, S., Dumitrel, G. A., Rusu, G. I., Popa, M., Glevitzky, I., & Vică, M. L. (2024). Utilization of Natural Adsorbents in the Purification of Used Sunflower and Palm Cooking Oils. *Applied Sciences (Switzerland)*, *14*(11). https://doi.org/10.3390/app14114417

Bruun, N., Tesfaye, F., Hemming, J., Dirbeba, M. J., & Hupa, L. (2021). Effect of storage time on the physicochemical properties of waste fish oils and used cooking vegetable oils. *Energies*, *14*(1). https://doi.org/10.3390/en14010101

Fadda, A., Sanna, D., Sakar, E. H., Gharby, S., Mulas, M., Medda, S., Yesilcubuk, N. S., Karaca, A. C., Gozukirmizi, C. K., Lucarini, M., Lombardi-Boccia, G., Diaconeasa, Z., & Durazzo, A. (2022). Innovative and Sustainable Technologies to Enhance the Oxidative Stability of Vegetable Oils. In *Sustainability (Switzerland)* (Vol. 14, Issue 2). MDPI. https://doi.org/10.3390/su14020849

He, F., Zhang, J., Liu, A., & Zhu, G. (2023). Influence of humidity on adsorption performance of activated carbon. *E3S Web of Conferences*, *416*. https://doi.org/10.1051/e3sconf/202341601001

Kurnia, I., Karnjanakom, S., Irkham, I., Haryono, H., Situmorang, Y. A., Indarto, A., Noviyanti, A. R., Hartati, Y. W., & Guan, G. (2022). Enhanced adsorption capacity of activated carbon over thermal oxidation treatment for methylene blue removal: kinetics, equilibrium, thermodynamic, and reusability studies. *RSC Advances*, *13*(1), 220–227. https://doi.org/10.1039/d2ra06481b

Medeiros Vicentini-Polette, C., Rodolfo Ramos, P., Bernardo Gonçalves, C., & Lopes De Oliveira, A. (2021). Determination of free fatty acids in crude vegetable oil samples obtained by high-pressure processes. *Food Chemistry: X*, *12*. https://doi.org/10.1016/j.fochx.2021.100166

Oktavian, R., Poerwadi, B., Reza Pahleva, M., & Wahyu Muharyanto, M. (2020). Synthesis and performance assessment of coconut fiber solid adsorbent for waste cooking oil purification as biodiesel feedstock Article history. In / *Malaysian Journal of Fundamental and Applied Sciences* (Vol. 16, Issue 3).

Patil, P., Valiaparampil, J. G., Urs, J., Jeppu, G., & Girish, C. R. (2025). Casuarina equisetifolia-Derived Mesoporous Carbon for Adsorptive Removal of Phenolic Pollutants: Insights into Optimization, Isotherm, Kinetics, Thermodynamics, and Mechanism. *ACS Omega*. https://doi.org/10.1021/acsomega.4c05796

Premchand, Demichelis, F., Galleti, C., Chiaramonti, D., Bensaid, S., Antunes, E., & Fino, D. (2024). *Enhancing biochar production_ A technic...roperties of rice husk-derived biochar*.

Putri Utami Susanto, M., Kencanawati, K., Tia Septiani, D., & Sani Nurahayu, dan. (2020). Penurunan Bilangan Peroksida Dan Asam Lemak Bebas Pada Minyak Jelantah Menggunakan Serbuk Mahkota Dewa. *Jurnal Sains Dan*, *2*(2). http://ejournal.uicm-unbar.ac.id/index.php/sainteks/

Radwan, E. K., Omar, R. A., & Marey, A. (2023). Upcycling of easy separated Casuarina equisetifolia fruit waste as a biosorbent: tailoring the surface modification to enhance selective removal of cationic dye or simultaneously removal of cationic and anionic dyes. *Applied Water Science*, *13*(10). https://doi.org/10.1007/s13201-023-01984-5

Ravichandran, P., Sugumaran, P., Seshadri, S., & Basta, A. H. (2018). Optimizing the route for production of activated carbon from Casuarina equisetifolia fruit waste. *Royal Society Open Science*, *5*(7). https://doi.org/10.1098/rsos.171578

Sari, A. M., Yudistirani, A., Ab, S., & Aulia, P. (2021). *ST ICECREAM-014 The Effect of Carbonization Temperature of Durian Peel Activated Carbon on The Purification of Used Cooking Oil* (Vol. 17).

Setyawardhani, D. A., 'Ammar, T., & Ammar, Y. (2022). Tertiary butylhydroquinone influence over oxidation stability of biodiesel from waste cooking oil. *Jurnal Rekayasa Proses*, *16*(1), 1. https://doi.org/10.22146/jrekpros.67177

Yatmani, S., Kuntolaksono, S., Sivtiani, I., Novitasari, W., & Luthfiyani, U. K. (2022). Optimization of The Durian Peel Waste Adsorbent in The Purification of Used Cooking Oil. *Journal of Bioresources and Environmental Sciences*, *1*(3), 95–100. https://doi.org/10.14710/jbes.2022.16356