

**PEMURNIAN MINYAK AKAR WANGI (*Vetiveria zizanioides*)  
MENGUNAKAN BENTONIT TERAKTIVASI DENGAN VARIASI  
KONSENTRASI ASAM SITRAT (C<sub>6</sub>H<sub>8</sub>O<sub>7</sub>) DAN SUHU ADSORPSI  
*Purification of Vetiver Oil (Vetiveria zizanioides) Using Activated Bentonite  
with Variation in Citric Acid (C<sub>6</sub>H<sub>8</sub>O<sub>7</sub>) Concentration and Adsorption  
Temperature***

**Shafarani Wardah Hidayat<sup>1\*</sup>, Tati Karliati<sup>2</sup>, & Rudi Dungani<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Institut Teknologi Bandung Kampus Jatinangor  
Jl. Let. Jend. Purn. Dr. (HC) Mashudi No.1, Sayang, Kec. Jatinangor, Kabupaten Sumedang, Jawa Barat 45363

<sup>2</sup>Prodi Teknologi Pascapanen, Fakultas Sekolah Ilmu dan Teknologi Hayati Program Rekayasa,  
Institut Teknologi Bandung Kampus Jatinangor

Jl. Let. Jend. Purn. Dr. (HC) Mashudi No.1, Sayang, Kec. Jatinangor, Kabupaten Sumedang, Jawa Barat 45363

\*E-mail : shafamwh@gmail.com

Diterima: 13 Oktober 2025, direvisi: 17 Desember 2025, disetujui: 3 Februari 2026

**ABSTRACT**

*Vetiver oil is one of the essential oils with high economic value and various benefits, including applications in perfume, cosmetics, soap industries, anti-inflammatory, antibacterial, and insecticidal uses. However, the potential benefits are not aligned with its quality, due to the high temperatures in the steam distillation extraction method, which results in a burnt aroma and dark oil color. This study aimed to identify the quality of purified vetiver oil using citric acid-activated bentonite, as well as to determine the most effective treatment to improve the quality of vetiver oil in accordance with SNI 06-2386-2006 through adsorption at citric acid concentrations of 4%, 6%, and 8%, and adsorption temperatures of 35°C and 55°C. The best treatment was the combination of citric acid 4% at 35°C adsorption temperature, which increased the specific gravity from 0,868 to 0,891 and reduced the acid value from 35,06 to 28,05. The oil also showed a color change from reddish-brown to light-yellow with a characteristic of vetiver aroma, although it did not dissolve in ethanol. SEM-EDX analysis confirmed that the bentonite activation was successful, leading to effective adsorption. GC-MS analysis detected 103 compounds in both untreated and best-treated oil, with the main compound ((3S,3aR,6R,8aS) - 7, 7 - Dimethyl - 8 - methyleneoctahydro - 1H - 3a, 6 - methanoazulen - 3 - yl) methanol remained dominant after purification with an increase in vetiverol from 60,82% to 88,08%.*

**Keywords:** *vetiver, bentonite, citric acid, purification*

**ABSTRAK**

Minyak akar wangi merupakan salah satu jenis minyak atsiri yang bernilai ekonomis tinggi dengan berbagai manfaat, seperti pada industri parfum, kosmetik, sabun wangi, anti inflamasi, antibakteri, dan bahan pembuatan insektisida. Namun potensi manfaat tersebut tidak sejalan dengan mutu yang dihasilkan akibat penggunaan suhu yang tinggi pada metode ekstraksi akar wangi, berupa metode destilasi uap yang menyebabkan terciptanya aroma gosong dan warna gelap pada minyak, yang akhirnya berdampak pada mutu yang tidak sesuai dengan SNI. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan mutu minyak akar wangi hasil pemurnian menggunakan bentonit teraktivasi, serta menentukan perlakuan terbaik untuk meningkatkan mutu minyak akar wangi sesuai SNI 06-2386-2006 melalui metode adsorpsi menggunakan variasi konsentrasi asam sitrat 4%, 6%, dan 8%, serta suhu adsorpsi 35°C dan 55°C. Hasil penelitian menunjukkan perlakuan terbaik diperoleh pada kombinasi perlakuan konsentrasi asam sitrat 4% dan suhu

adsorpsi 35°C dengan peningkatan bobot jenis dari 0,868 menjadi 0,891 dan penurunan bilangan asam dari 35,06 menjadi 28,05. Terjadi juga perubahan warna minyak dari cokelat kemerahan menjadi kuning muda disertai dengan aroma khas akar wangi sesuai standar, meskipun tidak larut sempurna dalam etanol. Analisis SEM-EDX membuktikan aktivasi bentonit berhasil dilakukan sehingga proses adsorpsi berjalan dengan efektif. Hasil GC-MS menunjukkan terdeteksinya 103 senyawa pada minyak awal dan minyak dengan perlakuan terbaik, dengan senyawa utama ((3S, 3aR, 6R, 8aS) - 7, 7 - *Dimethyl - 8 - methyleneoctahydro - 1H - 3a, 6 methanoazulen - 3 - yl*) *methanol* tetap dominan setelah proses pemurnian dan peningkatan kandungan vetiverol dari 60,82% menjadi 88,08%.

**Kata kunci:** akar wangi, bentonit, asam sitrat, pemurnian

## I. PENDAHULUAN

Tanaman akar wangi (*Vetiveria zizanioides* L.) merupakan tanaman herbal yang dapat digunakan sebagai pengharum, pengobatan tradisional, dan kerajinan. Tanaman ini menghasilkan senyawa metabolit sekunder dari perombakan senyawa kompleks oleh bakteri endofit yang berada pada organ tanaman akar wangi (Setyawan, 2015). Menurut Badan Pusat Statistika Provinsi Jawa Barat pada tahun 2021, produksi akar wangi mengalami peningkatan sebesar 37,43% dari 5.937 ton pada tahun 2019 menjadi 8.159 ton pada tahun 2020, yang berpotensi untuk dimanfaatkan menjadi produk bernilai jual tinggi. Hal tersebut juga didukung dengan persebaran akar wangi di beberapa kota penghasil akar wangi terbesar di Jawa Barat, seperti Garut, Tasikmalaya, Pangandaran, Sumedang, dan Bandung (Asnawi, 2023). Salah satu produk hasil pemanfaatan tanaman akar wangi adalah minyak akar wangi. Indonesia termasuk salah satu negara penghasil minyak akar wangi terbesar di dunia setelah Haiti dan Bourbon, dengan nilai ekspor sebesar 80 ton per tahun dalam lima tahun terakhir untuk memenuhi kebutuhan pasar dunia sekitar 300 ton setiap tahunnya (Pratiwi & Saptarini, 2020).

Minyak akar wangi merupakan salah satu jenis minyak atsiri yang memiliki kandungan campuran seskuiterpen alkohol dan hidrokarbon yang sangat kompleks dengan beberapa komponen utama, meliputi seskuiterpen hidrokarbon, seskuiterpen alkohol, dan vetivon (Sumiyati, 2022). Minyak akar wangi memiliki nilai ekonomis yang tinggi dengan berbagai manfaat, seperti pada industri parfum, kosmetik, sabun wangi, anti inflamasi, antibakteri, dan bahan pembuatan insektisida (Haryono et al., 2018). Namun potensi manfaatnya tidak sejalan dengan mutu yang dihasilkan oleh minyak yang beredar di masyarakat akibat penggunaan metode ekstraksi destilasi uap yang mampu menurunkan mutu minyak akar wangi akibat suhu tinggi sehingga menciptakan minyak dengan aroma gosong dan warna yang gelap. Hal ini mengakibatkan nilai ekonominya menjadi relatif rendah dan mutunya tidak sesuai dengan SNI (Putrawan & Farda, 2015). Oleh karena itu diperlukan proses tambahan untuk meningkatkan

mutu minyak akar wangi, yaitu dengan pemurnian (Nurjanah et al., 2016).

Pemurnian merupakan salah satu proses untuk meningkatkan mutu suatu bahan sehingga memiliki nilai jual yang lebih tinggi. Terdapat beberapa metode pemurnian yang secara umum digunakan, salah satunya adalah metode pemurnian secara fisik (metode adsorpsi) yang dapat dilakukan dengan menggunakan peralatan yang sederhana dan pencampuran dengan adsorben atau senyawa kompleks tertentu (Mutoffar et al., 2021). Adsorben yang biasanya digunakan adalah karbon aktif. Namun, harga karbon aktif yang cenderung tinggi dan sulit untuk diregenerasi menyebabkan digunakannya bioadsorben alternatif seperti lempung bentonit (Pratama, 2019).

Bentonit  $[(MgCa)O \cdot Al_2O_3 \cdot 5SiO_2 \cdot nH_2O]$  merupakan mineral yang terdiri atas kristal aluminosilikat terhidrasi yang mengandung alkali tanah dalam kerangka tiga dimensi. Ion-ion logam yang terkandung mampu digantikan oleh kation lain tanpa merusak struktur bentonit serta mampu menyerap air secara *reversible*. Bentonit banyak dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan semen, keramik, kosmetik, krayon, hingga adsorben karena sifatnya yang mampu mengembang, mampu menukar ion, memiliki luas permukaan yang besar, serta mudah menyerap air (Mahmudha & Nugraha, 2016). Namun, bentonit memiliki kelemahan, yaitu kemampuan adsorpsinya yang terbatas. Hal tersebut dapat diatasi dengan melakukan proses aktivasi menggunakan asam (Pratama, 2019). Beberapa jenis asam yang biasanya digunakan sebagai aktivator meliputi asam sitrat, asam klorida, asam malat, asam tartarat, dan lain lain. Dari beberapa jenis asam tersebut, asam sitrat disebut sebagai larutan aktivasi yang paling efektif karena ekonomis dan mampu menyerap logam-logam seperti Fe dan Cu dalam suatu cairan (Wulandari & Harismah, 2021).

Asam sitrat ( $C_6H_8O_7$ ) merupakan salah satu jenis pengkelat yang bertujuan untuk mengikat logam-logam divalen seperti Mn, Mg, Cu, dan Fe, yang sangat diperlukan sebagai katalisator dalam reaksi oksidasi. Asam sitrat termasuk senyawa pembentuk kompleks yang berfungsi untuk

menghilangkan ion-ion logam yang membentuk endapan yang tidak diinginkan. Selain itu, senyawa ini juga mampu mengurangi sifat racun dari ion logam beracun (Aini, 2017). Berdasarkan penelitian yang dilakukan Yustinah dan Rosdiana (2014), semakin pekat asam sitrat yang digunakan, semakin banyak zat yang teradsorpsi, sehingga perlu ditentukan konsentrasi asam sitrat yang paling optimal dalam meningkatkan mutu minyak akar wangi. Suhu adsorpsi juga memiliki pengaruh dalam meningkatkan efektifitas proses adsorpsi, dimana suhu yang terlalu tinggi dalam proses adsorpsi mampu menurunkan kemampuan adsorben untuk menyerap adsorbat.

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan mutu minyak akar wangi hasil pemurnian menggunakan bentonit teraktivasi, serta menentukan perlakuan terbaik untuk meningkatkan mutu minyak akar wangi sesuai SNI 06-2386-2006 melalui metode adsorpsi menggunakan variasi konsentrasi asam sitrat dan suhu adsorpsi. Adsorben yang digunakan adalah bentonit teraktivasi asam sitrat. Aktivasi ini dilakukan untuk menggabungkan fungsi adsorben zat organik pada bentonit dan fungsi pengkelat pada asam sitrat. Sehingga, diharapkan minyak akar wangi akan memiliki nilai jual yang lebih tinggi seiring dengan meningkatnya mutu.

## II. BAHAN DAN METODE

### A. Bahan dan Alat

Bahan baku yang digunakan adalah minyak akar wangi yang diperoleh dari pabrik produsen biomassa akar wangi di daerah Samarang, Kabupaten Garut, Provinsi Jawa Barat. Minyak akar wangi diekstrak menggunakan destilasi uap sehingga dihasilkan minyak berwarna gelap. Tanaman akar wangi yang digunakan adalah tanaman berumur kurang lebih 2 tahun. Minyak yang diperoleh disimpan pada suhu ruang hingga waktunya diberi perlakuan. Bahan pendukung penelitian ini meliputi akuades (amidis), *aluminium foil*, asam sitrat pro analitik, etanol 95%, tabung falcon, indikator fenolftalein (PP) 1%, kain saring, kertas saring Whatmann No.1, larutan asam klorida (HCl) 0,5N, larutan asam nitrat (HNO<sub>3</sub>) encer, larutan kalium hidroksida (KOH) 0,1 N, larutan kalium hidroksida (KOH) 0,5 N dalam etanol, larutan natrium klorida (NaCl) 0,0002 N, larutan perak nitrat (AgNO<sub>3</sub>) 0,1 N, lempung bentonit (*cosmetic grade* 325 mesh), tisu, dan plastik *ziplock*.

Alat yang digunakan pada penelitian ini meliputi alu, botol vial kaca, cawan porselen, corong kaca, *crucible tongs*, desikator, erlenmeyer pyrex 50 mL, erlenmeyer pyrex 100 mL, gelas kimia pyrex 250 mL, gelas kimia pyrex 500 mL, gelas ukur iwaki 10 mL, gelas ukur iwaki 50 mL,

*hot plate thermo*, *magnetic stirrer*, mortar, oven, pH meter mettler toledo, piknometer, pipet tetes, sentrifugasi thermo, *shaker incubator*, spatula besi, tabung reaksi, dan timbangan analitik 0,01 gram. Waktu penelitian berlangsung selama kurang lebih 3 bulan, terhitung dari Januari 2025 hingga April 2025. Penelitian dilakukan di Laboratorium Teknik 1A Sekolah Ilmu Teknologi Hayati Institut Teknologi Bandung Kampus Jatinangor dan Laboratorium GEM-ITB-CSU Jatinangor untuk pengujian SEM-EDX dan GC-MS.

### B. Metode Penelitian

#### 1. Aktivasi Bentonit dengan Asam Sitrat

Larutan asam sitrat dibuat terlebih dahulu dengan mencampurkan bubuk asam sitrat pro analitik dengan akuades pada erlenmeyer. Perbandingan antara asam sitrat dan akuades disesuaikan dengan konsentrasi asam sitrat yang akan digunakan. Kemudian, bentonit dicampurkan ke larutan asam sitrat dengan perbandingan 7:20. Selanjutnya, larutan diimpregnasi menggunakan *shaker incubator* pada suhu 70°C selama 3 jam dengan kecepatan 200 rpm, mengacu pada penelitian Azis et al. (2023) dengan penyesuaian suhu berdasarkan uji pendahuluan. Setelah itu, residu disaring dari larutan menggunakan kertas Whatmann No.1 sambil diukur pHnya menggunakan pH meter. Jika pH belum mencapai 3-4, residu dicuci menggunakan akuades hingga pH mencapai target tersebut. Setelah target pH tercapai, residu dipindahkan ke cawan porselen. Kemudian, residu dikeringkan di dalam oven selama 3 jam pada suhu 100°C-110°C. Setelah dikeringkan, residu ditumbuk hingga menjadi bubuk menggunakan alu dan mortar (Mahmudha & Nugraha, 2016). Terakhir, bubuk bentonit yang sudah diaktivasi tersebut dipindahkan ke dalam wadah *ziplock*.

#### 2. Adsorpsi Minyak

Setelah bentonit teraktivasi, langkah selanjutnya adalah mengaplikasikannya pada minyak untuk proses adsorpsi. Bentonit teraktivasi dicampurkan ke minyak akar wangi dengan perbandingan 1:10 dalam tabung Erlenmeyer. Setelah itu, dilakukan proses adsorpsi menggunakan *stirrer* dengan *hot plate* sebagai sumber panas dengan variasi suhu yang disesuaikan dan waktu adsorpsi minyak selama 3 jam dengan kecepatan 200 rpm, mengacu pada penelitian Azis et al. (2023) dengan penyesuaian waktu berdasarkan uji pendahuluan. Erlenmeyer pada proses adsorpsi berada pada posisi tertutup pada bagian atas menggunakan *aluminium foil*. Selanjutnya, minyak yang sudah diadsorpsi dipindahkan ke dalam tabung falcon berukuran 15 mL untuk kemudian disentrifugasi selama 30 menit

dengan kecepatan 5000 rpm. Kemudian, minyak yang sudah terpisah dari adsorbennya dipindahkan ke botol vial kaca dan tabung reaksi yang tertutup *aluminium foil* untuk dianalisis lebih lanjut.

### 3. Pengujian Bobot Jenis Minyak

Pengujian bobot jenis minyak dilakukan dengan mengukur perbandingan antara berat minyak dan air pada volume dan suhu yang sama. Pengujian diawali dengan mencuci dan membersihkan piknometer lalu dikeringkan bersama tutupnya. Setelah kering, piknometer dengan tutupnya ditimbang menggunakan timbangan analitik 0,01 g (m). Setelah itu, piknometer diisi dengan air suling. Kemudian, piknometer dicelupkan ke dalam penangas air pada suhu  $20^{\circ}\text{C} \pm 0,2^{\circ}\text{C}$  selama 30 menit. Selanjutnya, piknometer dikeringkan bagian luarnya lalu ditimbang dengan isinya dan tutupnya ( $m_1$ ). Setelah ditimbang, piknometer dikosongkan lalu dicuci dan dikeringkan bersama tutupnya. Selanjutnya, piknometer diisi dengan sampel minyak akar wangi. Kemudian, piknometer dicelupkan ke dalam penangas air pada suhu  $20^{\circ}\text{C} \pm 0,2^{\circ}\text{C}$  selama 30 menit. Selanjutnya, piknometer dikeringkan bagian luarnya lalu ditimbang dengan isinya dan tutupnya ( $m_2$ ). Perhitungan bobot jenis dapat dilakukan menggunakan persamaan (1):

$$\text{Bobot jenis} = \frac{m_2 - m}{m_1 - m} \dots\dots\dots(1)$$

Keterangan (*Remarks*):

- m = massa piknometer kosong (g)
- $m_1$  = massa piknometer berisi air pada suhu  $20^{\circ}\text{C}$  (g)
- $m_2$  = massa piknometer berisi sampel pada suhu  $20^{\circ}\text{C}$  (g)

### 4. Pengujian Bilangan Asam

Pengujian bilangan asam dilakukan dengan menetralkan asam-asam bebas menggunakan larutan terstandar kalium hidroksida etanol. Pengujian diawali dengan menimbang  $4 \text{ g} \pm 0,05 \text{ g}$  sampel minyak akar wangi. Setelah itu, sampel dilarutkan ke dalam 5 mL etanol netral pada labu erlenmeyer. Kemudian, tambahkan 5 tetes larutan fenolftalein sebagai indikator. Terakhir, larutan dititrasi dengan kalium hidroksida 0,1 N sampai warna merah muda. Perhitungan bilangan asam dapat dilakukan menggunakan persamaan (2):

$$\text{Bilangan asam} = \frac{V \times N \times 56,1}{m} \dots\dots\dots(2)$$

Keterangan (*Remarks*):

- V = volume larutan KOH yang diperlukan (ml)
- N = normalitet larutan KOH (N)
- m = massa sampel (g)

### 5. Pengujian Kelarutan dalam Etanol 95%

Pengujian kelarutan dalam etanol 95% diawali dengan membuat larutan pembanding dengan menambahkan 0,5 mL larutan perak nitrat ( $\text{AgNO}_3$ ) 0,1 N ke dalam 50 mL Kemudian ditambahkan larutan natrium klorida ( $\text{NaCl}$ ) 0,0002 N lalu dikocok. Setelah itu, ditambahkan satu tetes asam nitrat ( $\text{HNO}_3$ ) encer (25%) dan diamati setelah 5 menit. Setelah itu, tempatkan 1 mL sampel minyak akar wangi pada gelas ukur 10 mL. Kemudian ditambahkan etanol 95% setetes demi setetes sembari dikocok hingga diperoleh larutan bening. Selanjutnya, bandingkan kekeruhan minyak dengan larutan pembanding. Jika minyak larut pada etanol 95%, larutan akan membentuk warna bening.

### 6. Pengujian Organoleptik

Pengujian organoleptik dilakukan dengan memberikan penilaian organoleptik oleh minimal 15 panelis semi terlatih. Setiap panelis akan diberikan sampel dari setiap perlakuan lalu dinilai. Untuk warna minyak, digunakan pengukuran menggunakan skala 1 – 5. Rentang skala warna yang diberikan adalah 1 (cokelat kehitaman), 2 (cokelat kemerahan), 3 (cokelat muda), 4 (kuning kecokelatan), dan 5 (kuning muda). Sedangkan, untuk aroma minyak, digunakan skala 1-2. Skala tersebut meliputi 1 (tidak memiliki aroma khas akar wangi) dan 2 (memiliki aroma khas akar wangi). Hasil yang diperoleh kemudian dirata-rata dan disesuaikan dengan nilai rentang warna yang terdekat dengan hasil rata-rata.

### 7. Pengujian Scanning Electron Microscope - Energy Dispersive X-Ray (SEM-EDX)

Pengujian SEM dilakukan untuk mengetahui morfologi bentonit dengan perbesaran yang beragam. Pada penelitian ini, digunakan alat SEM yang berada di Laboratorium GEM-ITB-CSU, Institut Teknologi Bandung Kampus Jatinangor. Pengamatan morfologi dilakukan pada rentang pembesaran 200 hingga 10000 kali serta tegangan 3 kV. Sampel yang dianalisis adalah sampel bentonit tanpa aktivasi dan sampel bentonit teraktivasi asam sitrat 6%. Setelah dianalisis, diameter makropori bentonit diukur menggunakan aplikasi imageJ.

Pengujian EDX dilakukan untuk mengidentifikasi senyawa yang terkandung pada bentonit. Pada penelitian ini, digunakan alat SEM-EDX Thermo Scientific Apreo 2C. Kadar senyawa yang diukur meliputi  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ , dan  $\text{TiO}_2$ . Setelah itu, dianalisis perubahan kadar-kadar tersebut dari bentonit tanpa aktivasi dan bentonit teraktivasi asam sitrat 6%.

Pengujian Gas Chromatography – Mass Spectrometry (GC-MS)

Pengujian GC-MS dilakukan untuk mengetahui kandungan senyawa dari minyak akar wangi. Pada penelitian ini digunakan alat GCMS-QP2020NX Shimadzu yang berada di Laboratorium GEM-ITB-CSU, Institut Teknologi Bandung Kampus Jatinangor. GC-MS akan memberikan data *peak*, berat molekul, serta persentase relatif area dari setiap senyawa yang terdeteksi pada minyak (minyak awal dan minyak dengan perlakuan terbaik). Dari data senyawa yang diperoleh, senyawa yang termasuk seskuiterpen alkohol dihitung persentase relatif area-nya untuk mengetahui kandungan vetiverol total pada minyak.

## 8. Analisis Data

Penelitian menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) 2 variabel dengan perlakuan variasi konsentrasi asam sitrat (tiga taraf yaitu 4%, 6%, dan 8%) dan suhu adsorpsi (dua taraf yaitu 35°C dan 55°C) (Lathifah et al., 2019). Data kuantitatif yang diperoleh dari tiga kali ulangan dinyatakan dalam rata-rata ± standar deviasi. Data diuji statistik dengan analisis keragaman (ANOVA) dua arah pada software Minitab. Taraf nyata yang dipilih adalah 0,05 (5%) karena mewakili hubungan antara variabel yang diteliti dan suatu signifikansi. Data penelitian diolah

menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan model menurut Sudjana (1985), seperti pada persamaan berikut.

$$Y_{ijk} = U + A_i + B_j + (AB)_{ij} + E_{ijk} \dots\dots\dots(3)$$

Keterangan (*Remarks*):

U = nilai rata-rata umum (ml)

$Y_{ijk}$  = pengaruh faktor A ke-i, faktor B ke-j pada ulangan ke-k

$A_i$  = pengaruh faktor A ke-i

$B_j$  = pengaruh faktor B ke-j

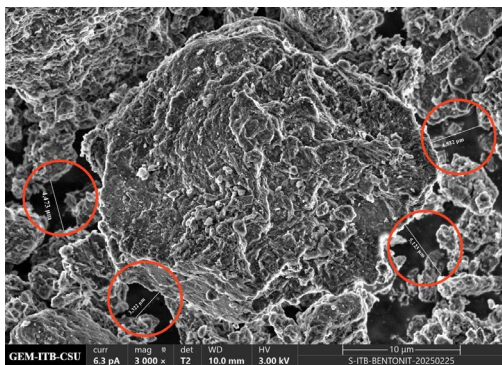
$(AB)_{ij}$  = interaksi faktor A ke-i dan faktor B ke-j

$E_{ijk}$  = galat percobaan

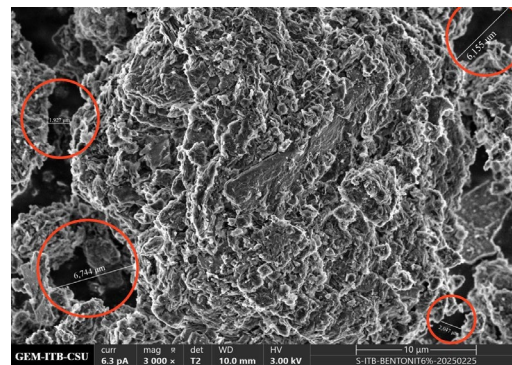
## HASIL DAN PEMBAHASAN

### A. Karakteristik Morfologi Bentonit sebagai Adsorben

Aktivasi bentonit dengan asam sitrat bertujuan untuk meningkatkan kestabilan bentonit dalam menyerap air dengan cara memperbesar situs aktif pada lempung bentonit. Situs aktif yang besar dapat dilihat dari panjang diameter pori-pori pada morfologi bentonit. Perbedaan morfologi bentonit yang tidak teraktivasi dan teraktivasi asam sitrat dapat dilihat pada Gambar 1.



(a)



(b)

**Gambar 1. Morfologi bentonit (a) tanpa aktivasi; (b) teraktivasi asam sitrat 6%**  
**Figure 1. Bentonite morphology (a) unactivated; (b) with 6% citric acid activated**

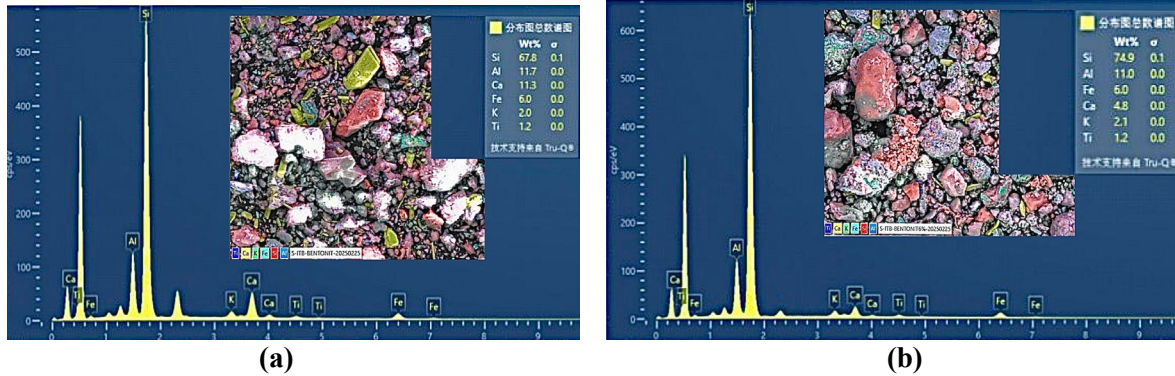
Hasil pengamatan menggunakan Scanning Electron Microscopy (SEM) menunjukkan perubahan signifikan antara morfologi permukaan bentonit tanpa aktivasi dan setelah aktivasi dengan asam sitrat. Bentonit tanpa aktivasi memiliki bentuk permukaan yang lebih padat (halus) dan homogen dengan pori yang sedikit terbuka (Gambar 1a). Sedangkan, bentonit yang telah teraktivasi asam sitrat memiliki permukaan yang lebih kasar dan tidak homogen, disertai dengan terbentuknya pori-pori yang lebih terbuka (Gambar 1b). Hasil ini sesuai dengan literatur yang menyatakan bahwa aktivasi berpengaruh terhadap volume pori dan luas permukaan spesifik. Hal tersebut dapat terjadi akibat adanya proses

pengikisan pada struktur bentonit sehingga luas permukaan dan porositasnya meningkat (Taxiarchou et al., 2025).

Berdasarkan IUPAC (1985), material berpori terbagi menjadi tiga, yaitu mikropori (diameter < 2 nm), mesopori (diameter 2-50 nm), dan makropori (diameter > 50 nm). Mikropori merupakan jenis pori yang berperan besar dalam proses adsorpsi minyak karena ukurannya mampu menjerat molekul-molekul kecil seperti logam pengotor pada minyak (Nduru, 2019). Meskipun pada hasil pengamatan SEM tidak dapat mengukur mikropori secara langsung (diameter yang dimiliki pori bentonit pada hasil berkisar antara 1927 nm – 6744 nm), perubahan morfologi pada bentonit tersebut

mengindikasikan bahwa proses aktivasi telah membuka struktur internal bentonit. Perubahan permukaan bentonit dari halus menjadi kasar juga mengindikasikan terjadinya pengikisan permukaan sehingga adanya proses pelepasan logam pengotor yang berpengaruh terhadap terbukanya akses menuju situs aktif. Sehingga, sangat tinggi kemungkinan untuk terjadi peningkatan luas permukaan dan potensi pembentukan mikropori

secara tidak langsung (Askari *et al.*, 2025). Hal tersebut dapat mengakibatkan lebih banyak molekul minyak yang berinteraksi dengan permukaan bentonit, mengakibatkan efektivitas proses adsorpsi meningkat. Dengan demikian, aktivasi bentonit menggunakan asam sitrat terbukti efektif dalam memodifikasi struktur morfologi bentonit dalam meningkatkan kinerja adsorpsi (Zhang *et al.*, 2019).



Gambar 2. Kandungan logam pada bentonit (a) tanpa aktivasi; (b) teraktivasi asam sitrat 6%  
 Figure 2. Metal content in bentonite (a) unactivated; (b) with 6% citric acid activated

Pada bentonit alami, banyak pori-pori yang belum sepenuhnya aktif digunakan untuk adsorpsi karena tertutup logam pengotor seperti  $\text{Ca}^{2+}$  dan  $\text{Mg}^{2+}$ . Untuk itu, dilakukan uji lebih lanjut menggunakan Energy Dispersive X-Ray (EDX) agar kandungan logam pada bentonit dapat diidentifikasi untuk melihat pengaruhnya terhadap keberhasilan aktivasi. Berdasarkan Gambar 2., terjadi peningkatan persentase Si dari 67,8% menjadi 74,9%. Peningkatan ini dapat disebabkan oleh remobilisasi kation oktahedral yang larut dalam asam selama proses aktivasi, sehingga struktur bentonit terutama lapisan tetrahedral menjadi lebih terbuka (Hamad *et al.*, 2024). Meningkatnya persentase Si pada bentonit teraktivasi mengindikasikan keberhasilan aktivasi, karena silika berperan penting dalam menyediakan situs aktif yang dapat meningkatkan efisiensi proses adsorpsi (Berhe *et al.*, 2023). Pada unsur K, terjadi sedikit peningkatan dari 2,0% menjadi 2,1%. Menurut Nadhiro (2016), ion  $\text{K}^+$  berada di ruang antar-lapis (*interlayer*) bentonit dan seharusnya lebih mudah larut dalam asam. Sehingga, secara teoritis, seharusnya cenderung menurun setelah aktivasi. Namun, peningkatan ini dapat dijelaskan sebagai akibat dari remobilisasi unsur lain, seperti kation oktahedral yang lebih besar, sehingga proporsi relatif K meningkat. Perubahan ini tetap menunjukkan adanya modifikasi struktur bentonit yang menyebabkan terbukanya rongga antar-lapis, sehingga kemampuan adsorpsi meningkat (Hamad *et al.*, 2024).

Unsur Al dan Ca keduanya mengalami penurunan persentase berturut-turut dari 11,7% menjadi 11,0% dan dari 11,3% menjadi 4,8%

setelah proses aktivasi. Menurut Nadhiro (2016), ion  $\text{Al}^{3+}$  merupakan kation yang terletak pada lapisan oktahedral dalam struktur bentonit, sedangkan ion  $\text{Ca}^{2+}$  berada pada ruang antar-lapis (*interlayer*). Keduanya memiliki sifat mudah larut dalam asam akibat terjadinya pertukaran ion antara  $\text{Al}^{3+}$  dan  $\text{Ca}^{2+}$  dengan ion  $\text{H}^+$  dari larutan asam sitrat. Penurunan persentase ini mengindikasikan terjadinya remobilisasi kation yang berperan dalam membuka akses ke situs aktif bentonit sehingga kemampuan adsorpsinya meningkat (Hamad *et al.*, 2024). Jika dilihat pada hasil EDX, penurunan persentase ion  $\text{Ca}^{2+}$  lebih signifikan dibandingkan  $\text{Al}^{3+}$ . Hal tersebut sesuai dengan literatur yang menyatakan bahwa ion pada *interlayer* tidak berikatan langsung dengan kerangka kristal bentonit, sehingga ion  $\text{H}^+$  lebih mudah melarutkan  $\text{Ca}^{2+}$  yang berfungsi sebagai kation penyeimbang (Achmad *et al.*, 2018).

Berbeda dengan unsur logam yang terdeteksi lainnya, unsur Fe dan Ti keduanya tidak mengalami perubahan persentase. Menurut Nadhiro (2016), ion  $\text{Fe}^{2+}$  berada pada lapisan oktahedral struktur bentonit, sedangkan ion  $\text{Fe}^{3+}$  berada pada lapisan tetrahedral. Meskipun demikian, besi memiliki kemampuan untuk tetap stabil saat proses aktivasi karena ikatannya yang kuat dengan lapisan oktahedral sehingga proses pertukaran kation lebih sulit terjadi (Dousova *et al.*, 2024). Sedangkan, unsur Ti bukan bagian utama dari kerangka padat bentonit sehingga tidak aktif dalam proses pertukaran ion. Selain itu, Ti juga memiliki sifat yang stabil secara kimia sehingga mampu membuat struktur bentonit tahan terhadap degradasi (Bukit *et al.*, 2021).

## B. Analisis Bobot Jenis

Analisis bobot jenis bertujuan untuk mengukur bobot jenis yang dimiliki minyak akar wangi dengan cara mengetahui perbandingan

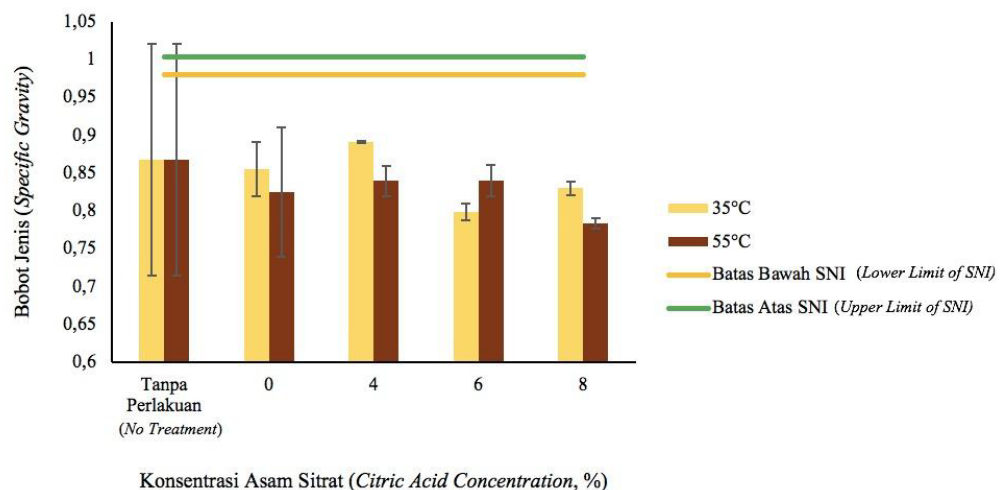
antara berat minyak dengan berat air pada volume dan suhu yang sama. Bobot jenis dapat menjadi indikasi besar-kecilnya kandungan yang ada pada minyak. Rata-rata bobot jenis minyak akar wangi pada setiap perlakuan disajikan pada Tabel 1.

**Tabel 1. Rata-rata bobot jenis minyak akar wangi**  
*Table 1. Average specific gravity of vetiver oil*

Konsentrasi (Concentration, %)	Suhu (Temperature, °C)	Bobot Jenis (Specific Gravity) ± Stdev
Tanpa Perlakuan (No Treatment)		0,868 ± 0,153
0	35	0,855 ± 0,036
	55	0,825 ± 0,085
4	35	0,891 ± 0,001
	55	0,840 ± 0,020
6	35	0,799 ± 0,011
	55	0,840 ± 0,022
8	35	0,830 ± 0,009
	55	0,784 ± 0,007

Berdasarkan Tabel 1, terlihat adanya penurunan bobot jenis pada minyak dengan perlakuan dibandingkan minyak tanpa perlakuan. Hasil

analisis bobot jenis minyak akar wangi pada setiap perlakuan dapat lebih jelas ditinjau pada Gambar 3.



**Gambar 3. Grafik analisis bobot jenis minyak akar wangi**  
*Figure 3. Specific gravity analysis chart of vetiver oil*

Berdasarkan hasil analisis bobot jenis, meskipun tidak signifikan secara statistik namun seluruh perlakuan menunjukkan kecenderungan penurunan bobot jenis dibandingkan minyak tanpa perlakuan, kecuali pada perlakuan bentonit teraktivasi asam sitrat 4% pada suhu 35°C. Penurunan bobot jenis pada minyak yang diberi perlakuan dapat terjadi akibat adanya proses adsorpsi bentonit yang berhasil menyerap senyawa berat berupa sesquiterpen yang merupakan komponen utama yang terkandung pada minyak akar wangi. Sedangkan, peningkatan bobot jenis dapat terjadi akibat dominasi senyawa berat karena lebih banyaknya senyawa ringan yang teradsorpsi ke permukaan adsorben selama proses adsorpsi (Virag et al., 2022).

Dari aspek suhu adsorpsi, suhu 55°C menghasilkan nilai bobot jenis yang lebih rendah

dibandingkan suhu 35°C. Hal tersebut dapat terjadi karena suhu yang lebih tinggi mampu meningkatkan energi kinetik molekul, memperbesar interaksi dengan pori-pori bentonit, serta mempercepat adsorpsi senyawa berat ke permukaan bentonit. Sehingga, suhu 55°C lebih efektif dalam menurunkan bobot jenis minyak dibandingkan pada suhu 35°C (Abosada et al., 2025). Hal tersebut didukung juga bahwa pada suhu rendah, hanya terjadi oksidasi ringan dan senyawa ringan lebih mudah teradsorpsi dibandingkan senyawa berat (Naeem et al., 2018).

Konsentrasi asam sitrat sebagai aktivator bentonit juga berpengaruh terhadap bobot jenis minyak. Secara umum, peningkatan konsentrasi asam sitrat mengakibatkan penurunan nilai bobot jenis. Hal tersebut menunjukkan bahwa aktivasi bentonit dengan konsentrasi asam sitrat yang lebih

tinggi memiliki kemampuan adsorpsi yang lebih baik (Aini, 2017). Meskipun terlihat adanya tren perubahan bobot jenis, analisis statistik menunjukkan tidak ada perbedaan nyata antar perlakuan ( $p > 0,05$ ). Hal tersebut mengindikasikan bahwa variasi konsentrasi asam sitrat dan suhu adsorpsi tidak memberikan perbedaan yang cukup besar dalam menurunkan bobot jenis. Berdasarkan SNI 06-2388-2006, bobot jenis minyak akar wangi yang memenuhi standar berada pada rentang 0,980 – 1,003. Namun, seluruh sampel dalam penelitian ini tidak ada yang mencapai standar tersebut. Meskipun demikian, perlakuan bentonit teraktivasi asam sitrat 4% pada suhu 35°C menunjukkan nilai bobot jenis tertinggi sebesar 0,891, yang paling mendekati batas bawah SNI. Hal ini menunjukkan

bahwa perlakuan tersebut merupakan perlakuan paling optimal yang mampu meningkatkan bobot jenis minyak akar wangi hasil pemurnian.

### C. Analisis Bilangan Asam

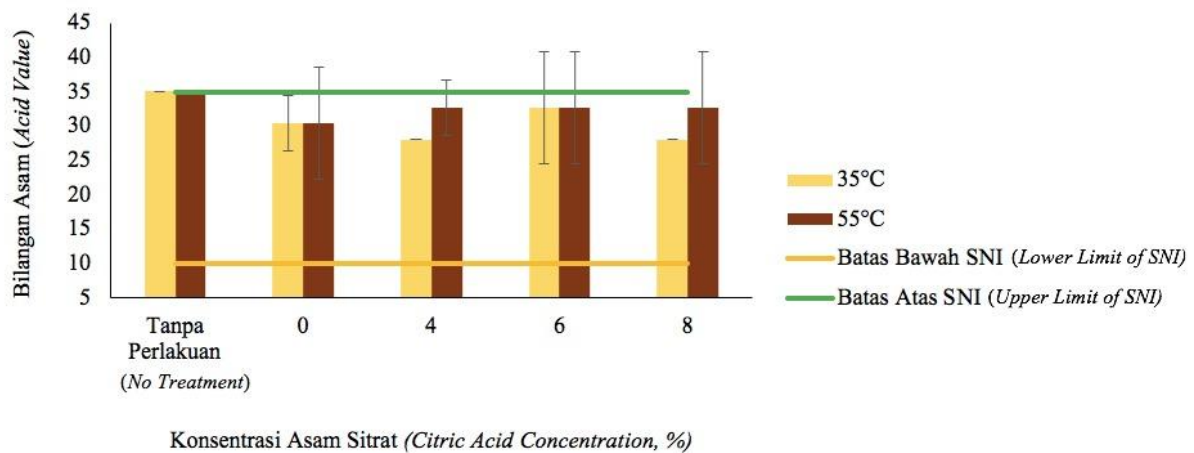
Analisis bilangan asam bertujuan untuk mengukur bilangan asam yang terkandung pada minyak akar wangi dengan cara menetralkan asam-asam bebas menggunakan larutan terstandar kalium hidroksida etanol. Bilangan asam yang tinggi dapat menjadi indikasi mutu rendah pada minyak. Rata-rata bilangan asam minyak akar wangi pada setiap perlakuan disajikan pada Tabel 2.

**Tabel 2. Rata-rata bilangan asam minyak akar wangi**  
*Table 2. Average acid value of vetiver oil*

Konsentrasi (Concentration, %)	Suhu (Temperature, °C)	Bilangan Asam (Acid Value, mg KOH/g) ± Stdev
Tanpa Perlakuan (No Treatment)		35,06 ± 0,00
0	35	30,39 ± 4,05
	55	30,39 ± 8,10
4	35	28,05 ± 0,00
	55	32,73 ± 4,05
6	35	32,73 ± 8,10
	55	32,73 ± 8,10
8	35	28,05 ± 0,00
	55	32,73 ± 8,10

Berdasarkan Tabel 2, terlihat adanya penurunan bilangan asam pada minyak dengan perlakuan dibandingkan minyak tanpa perlakuan. Hasil

analisis bilangan asam minyak akar wangi pada setiap perlakuan dapat lebih jelas ditinjau pada Gambar 4.



**Gambar 4. Grafik analisis bilangan asam minyak akar wangi**  
*Figure 4. Acid value analysis chart of vetiver oil*

Berdasarkan hasil analisis bilangan asam, seluruh perlakuan menunjukkan penurunan bilangan asam dibandingkan minyak tanpa perlakuan. Penurunan bilangan asam pada minyak

yang diberi perlakuan dapat terjadi akibat asam lemak bebas yang terkandung pada minyak berhasil terikat pada permukaan bentonit. Hal ini mengindikasikan bahwa telah terjadi proses

adsorpsi (Sugita et al., 2015). Dari aspek suhu adsorpsi, suhu 55°C menghasilkan nilai bilangan asam yang lebih tinggi dibandingkan suhu 35°C. Pada suhu tinggi, umumnya proses adsorpsi lebih cepat terjadi sehingga bilangan asam minyak seharusnya lebih rendah. Namun, hal tersebut terjadi karena efisiensi adsorpsi berkurang akibat suhu yang terlalu tinggi sehingga terjadi proses desorpsi (Chavan et al., 2021).

Konsentrasi asam sitrat sebagai aktivator bentonit juga berpengaruh terhadap bilangan asam minyak. Secara umum, peningkatan konsentrasi asam sitrat pada suhu rendah (35°C) menunjukkan tren penurunan nilai bilangan asam. Hal tersebut menunjukkan bahwa aktivasi bentonit dengan konsentrasi asam sitrat yang lebih tinggi menghasilkan lebih banyak situs aktif, sehingga kemampuan adsorpsi terhadap asam lemak bebas lebih baik (Aini, 2017).

Meskipun terjadi perubahan secara angka, analisis statistik menunjukkan tidak ada perbedaan nyata antar perlakuan ( $p > 0,05$ ). Hal tersebut mengindikasikan bahwa variasi konsentrasi asam sitrat dan suhu adsorpsi tidak memberikan perbedaan yang cukup besar secara statistik dalam menurunkan bilangan asam. Berdasarkan SNI 06-

2388-2006, bilangan asam minyak akar wangi yang memenuhi standar berada pada rentang 10 - 35. Seluruh sampel dalam penelitian ini sudah mencapai standar tersebut. Meskipun demikian, perlakuan bentonit teraktivasi asam sitrat 4% pada suhu 35°C serta bentonit teraktivasi asam sitrat 8% pada suhu 35°C menunjukkan nilai bilangan asam terendah yaitu sebesar 28,05 mg KOH/g (dibutuhkan 28,05 mg KOH untuk menetralkan asam pada setiap gram minyak). Hal ini menunjukkan bahwa kedua perlakuan tersebut merupakan perlakuan yang paling efektif dalam menurunkan bilangan asam minyak akar wangi hasil pemurnian.

#### D. Analisis Kelarutan dalam Etanol 95%

Analisis kelarutan dalam etanol 95% bertujuan untuk mengetahui kelarutan minyak akar wangi dengan melarutkan sampel ke dalam etanol 95%. Sampel yang larut sempurna pada etanol 95% diindikasikan dengan terbentuknya larutan yang bening dan cerah. Hasil analisis kelarutan dalam etanol 95% minyak akar wangi pada setiap perlakuan disajikan pada Tabel 3.

**Tabel 3. Kelarutan minyak akar wangi dalam etanol 95%**  
*Table 3. Solubility of vetiver oil in 95% ethanol*

Konsentrasi (Concentration, %)	Suhu (Temperature, °C)	Perbandingan Kelarutan (Minyak : Etanol 95%) (Solubility Ratio between (Oil:95% ethanol))	Keterangan (Information)
<b>Tanpa Perlakuan (No Treatment)</b>			Keruh
0	35	1:10	Keruh
	55		Keruh
4	35		Keruh
	55		Keruh
6	35		Jernih
	55		Keruh
8	35		Jernih
	55		Keruh

Berdasarkan hasil analisis kelarutan dalam etanol 95%, seluruh minyak yang diberi perlakuan masih menunjukkan larutan yang keruh, kecuali pada perlakuan bentonit teraktivasi asam sitrat 6% dan suhu 35°C serta bentonit teraktivasi asam sitrat 8% dan suhu 35°C. Pada kedua perlakuan tersebut, diperoleh larutan yang jernih. Hal ini dapat terjadi karena konsentrasi asam yang tinggi pada kedua perlakuan tersebut meningkatkan kemampuan adsorpsi bentonit terhadap senyawa-senyawa polar berat. Dengan teradsorpsinya senyawa-senyawa polar seperti air, alkohol, maupun senyawa berat lainnya, kejernihan larutan meningkat. Kelarutan minyak dalam etanol 95% menjadi salah satu

indikator penting dalam penentuan mutu minyak akar wangi karena keberadaan senyawa polar dapat mengakibatkan larutan minyak menjadi keruh (Suarantika et al., 2023). Dari aspek suhu adsorpsi, suhu 35°C lebih efektif dalam melarutkan minyak akar wangi dalam etanol 95%. Hal ini dapat disebabkan karena pada suhu tinggi (55°C), terjadi degradasi senyawa aktif non polar. Sehingga, senyawa polar yang terkandung pada minyak tetap tinggi dan mengakibatkan larutan menjadi keruh (Imelda et al., 2019).

Berdasarkan SNI 06-2388-2006, kelarutan dalam etanol 95% pada minyak akar wangi yang memenuhi standar berada pada perbandingan 1:1

hingga maksimal 1:10 dengan menghasilkan larutan yang jernih dan cerah. Dari seluruh sampel dalam penelitian ini, hanya dua perlakuan yang mencapai standar tersebut, yaitu perlakuan konsentrasi asam sitrat 6% dan suhu 35°C serta konsentrasi asam sitrat 8% dan suhu 35°C yang menghasilkan larutan yang jernih pada perbandingan 1:10. Hal ini menunjukkan bahwa kedua perlakuan tersebut merupakan perlakuan yang paling efektif dalam meningkatkan kelarutan minyak akar wangi hasil pemurnian dalam etanol 95%.

### E. Analisis Organoleptik Warna dan Aroma

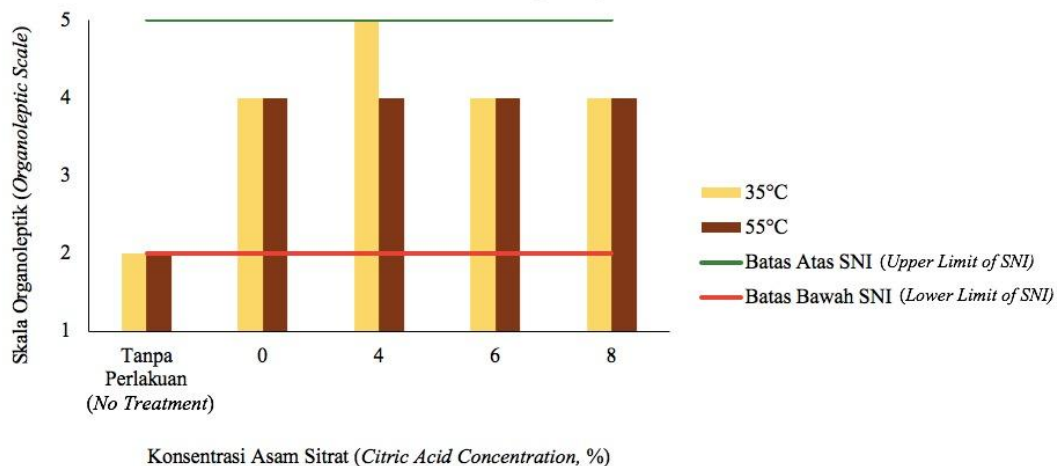
Analisis organoleptik warna bertujuan untuk mengidentifikasi warna dari minyak akar wangi dengan melibatkan minimal 15 panelis semi terlatih untuk memberikan penilaian terhadap sampel berdasarkan skala organoleptik. Skala organoleptik warna berada pada rentang 1-5 dengan keterangannya yaitu, (1) Cokelat Kehitaman; (2) Cokelat Kemerahan; (3) Cokelat Muda; (4) Kuning Kecokelatan; dan (5) Kuning Muda. Berdasarkan skala tersebut, rata-rata skor organoleptik warna minyak akar wangi pada setiap perlakuan yang diperoleh dari 37 panelis disajikan pada Tabel 6.

**Tabel 4. Rata-rata skor organoleptik warna minyak akar wangi**  
*Table 4. Average organoleptic color score of vetiver oil*

Konsentrasi (Concentration, %)	Suhu (Temperature, °C)	Skala Warna (Color Score)	Keterangan (Information)
Tanpa Perlakuan (No Treatment)		2	Cokelat Kemerahan (Reddish-brown)
	35	4	Kuning Kecokelatan (Brownish-yellow)
0	55	4	Kuning Kecokelatan (Brownish-yellow)
	35	5	Kuning Muda (Light-yellow)
4	55	4	Kuning Kecokelatan (Brownish-yellow)
	35	4	Kuning Kecokelatan (Brownish-yellow)
6	55	4	Kuning Kecokelatan (Brownish-yellow)
	35	4	Kuning Kecokelatan (Brownish-yellow)
8	55	4	Kuning Kecokelatan (Brownish-yellow)
	35	4	Kuning Kecokelatan (Brownish-yellow)

Berdasarkan Tabel 4, terlihat adanya peningkatan warna pada minyak dengan perlakuan dibandingkan minyak tanpa perlakuan. Hasil

analisis organoleptik warna minyak akar wangi pada setiap perlakuan dapat lebih jelas ditinjau pada Gambar 5.



**Gambar 5. Grafik analisis organoleptik warna minyak akar wangi**  
*Figure 5. Organoleptic color analysis chart of vetiver oil*

Berdasarkan hasil uji organoleptik warna, seluruh perlakuan menunjukkan peningkatan kecerahan warna dibandingkan minyak tanpa perlakuan. Minyak tanpa perlakuan memiliki warna cokelat kemerahan akibat adanya

kontaminasi logam dari bahan baku maupun alat penyulingan (Agnia, 2020). Sebaliknya, minyak yang diberi perlakuan menunjukkan warna yang lebih terang, yakni kuning kecokelatan hingga kuning muda. Perubahan ini menunjukkan adanya

pengaruh aktivasi bentonit dengan asam sitrat dalam proses adsorpsi. Asam sitrat mampu mengkelat logam-logam pengotor dalam minyak sehingga warnanya menjadi lebih cerah (Azis et

al.,2023). Aktivasi juga meningkatkan kemampuan adsorpsi bentonit melalui pembesaran pori dan luas permukaan, yang bekerja menyerap zat warna secara fisis (Indarto & Fakhry, 2022).



**Gambar 6. Perbandingan minyak hasil organoleptik warna**  
**Figure 6. Oil comparison of organoleptic color analysis result**

Sesuai SNI 06-2388-2006, warna minyak akar wangi yang memenuhi standar adalah cokelat kemerahan hingga kuning muda. Seluruh minyak hasil penelitian telah memenuhi standar ini. Namun, semakin terang warna minyak, nilai jualnya pun meningkat (Putrawan & Farda, 2015). Perlakuan bentonit teraktivasi 4% pada suhu 35°C menghasilkan warna paling terang (kuning muda) dan menunjukkan preferensi terbanyak dari panelis. Hasil ini tidak sejalan dengan Yustinah dan Rosdiana (2014) yang menyatakan bahwa peningkatan konsentrasi asam sitrat akan terus meningkatkan efisiensi pemurnian warna. Namun, suhu 35°C justru menghasilkan warna minyak yang lebih terang daripada suhu 55°C, dan juga sesuai dengan literatur yang menyatakan suhu tinggi dapat menurunkan mutu minyak (Rahayu & Purnavita, 2014). Perbedaan hasil ini menunjukkan bahwa terdapat konsentrasi optimum dalam proses

adsorpsi. Pada penelitian ini, konsentrasi 4% terbukti paling efektif menghasilkan minyak berwarna kuning muda (Setyaningrum et al., 2024).

Pada penelitian ini, dilakukan juga analisis organoleptik aroma pada minyak akar wangi. Analisis ini juga dilakukan dengan melibatkan minimal 15 panelis semi terlatih untuk memberikan penilaian terhadap sampel berdasarkan skala organoleptik dengan bahan baku tanaman akar wangi sebagai aroma pembanding. Skala organoleptik aroma berada pada rentang 1-2 dengan keterangannya yaitu, (1) Tidak memiliki aroma khas akar wangi; dan (2) Memiliki aroma khas akar wangi. Berdasarkan skala tersebut, rata-rata skor organoleptik aroma minyak akar wangi pada setiap perlakuan yang diperoleh dari 37 panelis disajikan pada Tabel 5.

**Tabel 5. Rata-rata skor organoleptik aroma minyak akar wangi**  
**Table 5. Average organoleptic aroma score of vetiver oil**

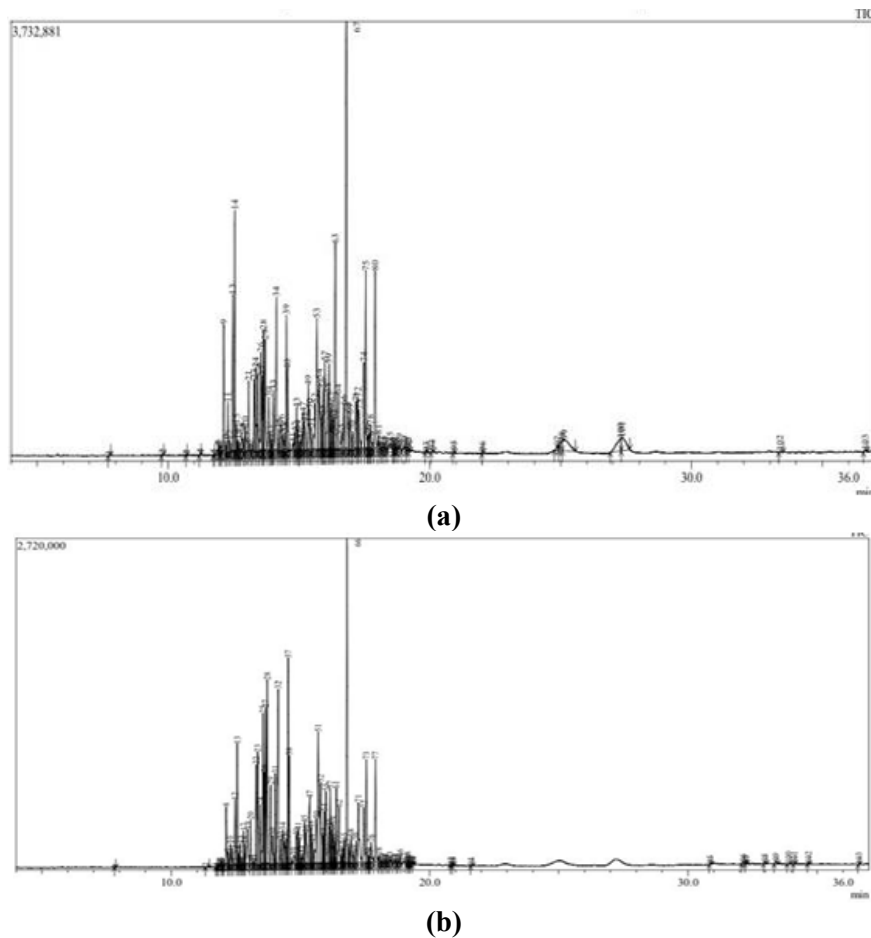
Konsentrasi (Concentration, %)	Suhu (Temperature, °C)	Skala Aroma (Aroma Score)	Keterangan (Information)
Tanpa Perlakuan (No Treatment)		2	
0	35	2	
	55	2	
4	35	2	
	55	2	
6	35	2	
	55	2	
8	35	2	
	55	2	

Memiliki aroma khas akar wangi  
(Has a distinctive aroma of vetiver)

Berdasarkan hasil uji organoleptik aroma, seluruh perlakuan menunjukkan terdeteksinya aroma khas akar wangi. Aroma yang dapat mendeskripsikan minyak akar wangi adalah *woody & earthy*. Aroma tersebut diperoleh dari beberapa komponen utama minyak seperti *khusimyl methyl ether*, *amorphene*, *copaene*, *8,8-Dimethyl-7-methyleneoctahydro-1H-3a,6-methanoazulene*, dan *eremophila ketone* (Pandey & Tiwari, 2024). Sesuai SNI 06-2388-2006, aroma minyak akar wangi yang memenuhi standar adalah minyak dengan aroma khas akar wangi, sehingga seluruh perlakuan memenuhi standar.

#### F. Analisis Komponen Kimia Minyak Akar Wangi dengan GC-MS

Berdasarkan hasil pengujian parameter mutu, salah satu perlakuan dengan karakteristik yang paling mendekati standar dipilih untuk diidentifikasi kandungan senyawanya menggunakan Gas Chromatography - Mass Spectrometry (GC-MS). Identifikasi senyawa pada minyak penting dilakukan karena berpengaruh terhadap kandungan vetiverol dan aroma khas minyak. Perbedaan spektrum senyawa antara minyak tanpa perlakuan dan minyak yang dimurnikan dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Spektrum kandungan senyawa pada minyak akar wangi (a) tanpa perlakuan; (b) dengan perlakuan  
 Figure 7. Compound content in vetiver oil (a) untreated; (b) treated

Berdasarkan hasil analisis GC-MS, terdapat 103 senyawa yang terdeteksi secara total baik pada minyak tanpa perlakuan maupun dengan perlakuan (bentonit teraktivasi asam sitrat 4% pada suhu 35°C). Hal ini menunjukkan bahwa proses pemurnian tidak secara drastis menghilangkan senyawa yang terkandung, tetapi lebih memengaruhi komposisi relatifnya. Selain itu, proses ini dapat menyebabkan munculnya puncak baru dalam analisis kromatografi, yang mengindikasikan pembentukan senyawa baru atau perubahan struktur kimia akibat reaksi selama pemurnian (Soetjipto et al., 2020). Dari kedua sampel tersebut, terdapat satu senyawa utama yang

mendominasi yaitu ((3S,3aR,6R,8aS)-7,7-Dimethyl-8-methyleneoctahydro-1H-3a,6-methanoazulen-3-yl) methanol dengan area relatif sebesar 7,47% pada minyak tanpa perlakuan dan 6,72% pada minyak yang sudah dimurnikan. Meskipun terjadi penurunan senyawa utama dari minyak tanpa perlakuan, senyawa ini tetap termasuk sebagai komponen yang dominan. Hal ini menandakan bahwa proses adsorpsi tidak menghilangkan senyawa bioaktif utama pada minyak (Zain et al., 2020). Pada minyak tanpa perlakuan, terdapat beberapa senyawa lain yang berkontribusi besar yang tertera pada Tabel 6.

**Tabel 6. Senyawa lain yang berkontribusi pada minyak akar wangi tanpa perlakuan**  
**Table 6. Other compounds found in untreated vetiver oil**

Nama Senyawa ( <i>Compound Name</i> )	Area (%)
(3S,3aR,6R,8aS) -7,7-Dimethyl-8 methyleneoctahydro -1H-3a,6-methanoazulene-3-carbaldehyde	3,49
2(3H)-Naphthalenone, 4,4a,5,6,7,8-hexahydro - 4,4a dimethyl-6-(1-methylethylidene)-, (4R-cis)-	3,44
8,8-Dimethyl-7-methyleneoctahydro - 1H - 3a,6 methanoazulene	3,43
(5R,10R) - 6,10 - Dimethyl - 2 - (propan-2-ylidene) spiro [4.5] dec-6-en-8-one	3,32

Setelah dilakukan pemurnian, terjadi perubahan komposisi senyawa secara signifikan.

Beberapa senyawa baru yang muncul tertera pada Tabel 7.

**Tabel 7. Senyawa baru yang muncul setelah proses pemurnian minyak akar wangi**  
**Table 7. New compounds found in refined treatment vetiver oil**

Nama Senyawa ( <i>Compound Name</i> )	Area (%)
(4R,4aR) - 4,4a - Dimethyl - 6 - (prop-1-en-2-yl) 1,2,3,4,4a,7 - hexahydronaphthalene	4,44
1H-Cycloprop[e]azulen-4-ol, decahydro - 1,1,4,7 tetramethyl-, [1aR-(1a.alpha.,4.beta.,4a.beta.,7.alpha.)]	4,16
(5R,10R) - 10 - Methyl - 6 - methylene - 2 - (propan 2-i)spiro[4.5]dec-7-ene	4,08
Naphthalene, 1,2,4a,5,6,8a-hexahydro-4,7-dimethyl-1 (1-methylethyl)-	3,08

Secara umum, senyawa pada minyak terbagi menjadi tiga golongan, yaitu seskuiterpen alkohol/terhidrogenasi (vetiverol total), seskuiterpen hidrokarbon, dan senyawa lain. Setelah digolongkan, diperoleh kandungan vetiverol total pada minyak tanpa perlakuan sebesar 60,82% dengan total 51 senyawa. Sedangkan, kandungan vetiverol total pada minyak yang sudah dimurnikan sebesar 88,08% dengan total 82 senyawa. Angka tersebut diperoleh dari % area hasil GC-MS sebagai estimasi kandungan vetiverol total.

Berdasarkan SNI 06-2388-2006, kandungan vetiverol total minimum yang harus dimiliki minyak adalah 50%. Dari hasil GC-MS, kedua sampel minyak sudah mengandung vetiverol total di atas batas minimum standar. Sehingga, minyak akar wangi sudah memenuhi SNI. Peningkatan kandungan vetiverol total pada minyak yang dimurnikan terjadi akibat adanya oksidasi dari senyawa non polar, sehingga senyawa polar tetap mendominasi. Selain itu, logam pengotor juga berhasil teradsorpsi sehingga menyisakan komponen utama minyak (Fauziah, 2018).

### G. Perlakuan Pemurnian Minyak Akar Wangi Terbaik

Penentuan perlakuan minyak akar wangi terbaik dilakukan dengan cara membandingkan seluruh parameter mutu yang meliputi bobot jenis, bilangan asam, kelarutan dalam etanol 95%, dan organoleptik warna. Berdasarkan hasil analisis, perlakuan bentonit teraktivasi asam sitrat 4% pada suhu 35°C merupakan perlakuan paling optimal secara keseluruhan. Aspek bobot jenis, perlakuan tersebut menghasilkan nilai tertinggi sebesar 0,891 yang paling mendekati rentang mutu sesuai SNI 06-2388-2006. Hal ini menunjukkan bahwa

komponen berat utama dalam minyak (seskuiterpen) masih dominan terkandung. Dari aspek bilangan asam, perlakuan tersebut juga termasuk salah satu perlakuan dengan nilai terendah yaitu 28,05. Hal ini menunjukkan kemampuan adsorpsi asam lemak bebas yang tinggi. Nilai ini juga tetap berada pada rentang standar mutu dan mengindikasikan adanya proses pemurnian yang efektif.

Namun, jika dilihat dari kelarutan dalam etanol 95%, perlakuan bentonit teraktivasi asam sitrat 4% pada suhu 35°C tidak menghasilkan larutan yang jernih. Meskipun demikian, perlakuan ini tetap menunjukkan stabilitas mutu yang baik pada parameter lain. Sebaliknya, perlakuan yang menghasilkan larutan jernih justru memiliki nilai bilangan asam dan bobot jenis yang tidak sesuai standar. Dari aspek organoleptik warna, perlakuan tersebut menghasilkan warna yang paling terang yaitu kuning muda. Hal ini mengindikasikan berkurangnya senyawa pengotor warna dan senyawa teroksidasi hasil degradasi. Terakhir, perlakuan bentonit teraktivasi asam sitrat 4% pada suhu 35°C menunjukkan peningkatan kandungan vetiverol total akibat terjadinya oksidasi dari senyawa non polar dan berhasil teradsorpsinya logam pengotor sehingga menyisakan komponen utama minyak. Secara keseluruhan, perlakuan bentonit teraktivasi asam sitrat 4% pada suhu 35°C dapat ditentukan sebagai perlakuan optimal yang memiliki keseimbangan antara efektivitas pemurnian serta mutu akhir minyak akar wangi.

## III. KESIMPULAN

### A. Kesimpulan

Pemurnian minyak akar wangi (*Vetiveria zizanioides*) menggunakan bentonit teraktivasi terbukti mampu meningkatkan mutu minyak sesuai

Standar Nasional Indonesia. Perlakuan terbaik diperoleh pada aktivasi bentonit dengan konsentrasi asam sitrat 4% dan suhu adsorpsi 35°C, yang menghasilkan minyak bermutu optimal ditinjau dari peningkatan bobot jenis, memiliki aroma khas akar wangi, kadar vetiverol diatas batas minimum, penurunan bilangan asam, serta kestabilan senyawa polar.

## B. Saran

Saran untuk penelitian ke depannya adalah menggunakan variasi konsentrasi dengan rentang yang lebih besar untuk melihat pengaruh yang lebih signifikan serta menggunakan variasi suhu lainnya untuk melihat efektivitas suhu terhadap pemurnian minyak akar wangi.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Pusat Bibit Akar Wangi (*Vetiver*) di Kecamatan Samarang, Kabupaten Garut atas bantuan dan dukungannya dalam pelaksanaan dan penyelesaian penelitian ini.

## KONTRIBUSI PENULIS

Ide, desain, dan rancangan percobaan dilakukan oleh SH, TK, dan RD; percobaan dan perlakuan pengujian dilakukan oleh SH; pengumpulan data dan analisis data dilakukan oleh SH; penulisan manuskrip oleh SH, TK, dan RD; perbaikan dan finalisasi manuskrip dilakukan oleh SH, TK, dan RD.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abosada, M. K., Kanabar, B., ..., & Batuli, A. (2025). Thermodynamic modelling hexamethylenetetramine adsorption on sandstone. *Scientific Reports*, 15(1), 10839. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-025-94379-2>.
- Achmad, I. R., Yani, M., Suprihatin, & Ridwan, W. A. (2018). Pemodelan sistem pengolahan air limbah aktivasi bentonit. *Chemical Engineering Research Articles*, 1(2), 43-57.
- Agnia, S. S. (2020). Pengaruh perlakuan awal pencucian dan pengeringan metode penjemuran (*sundrying*) akar wangi (*Vetiveria zizanioides* (L.) Nash) terhadap perolehan minyak akar wangi dengan penyulingan metode water and steam distillation. [Skripsi Sarjana, Institut Teknologi Bandung]. Digilib ITB.
- Aini, Z. (2017). Pengaruh suhu dalam peningkatan kadar patchouli alcohol menggunakan distilasi vakum dan proses pengkelatan dengan asam sitrat. [Skripsi Sarjana, Universitas

<http://eprints.undip.ac.id/58706/>. Diponegoro]. Eprints Undip.

- Askari, E., Alipour, V., & Rahmanian, O. (2025). Synthesis and application of adsorbent pads for removal of oil pollutants from water. *Heliyon*, 11(2025), 1-14. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2025.e42885>.
- Asnawi, A. (2023, 8 Juni). *Akar wangi, tanaman konservasi, dan minyaknya bernilai tinggi*. Diakses pada 19 Juni 2024 melalui <https://www.mongabay.co.id/2023/06/08/akar-wangi-tanaman-konservasi-dan-minyaknya-bernilai-tinggi/>.
- Azis, H. A., Mustam, M., Ramdani, N., Amin, I. I., Sari, N., & Gregorius, G. (2023). Penggunaan adsorben bentonit pada proses pencucian kering dalam pemurnian biodiesel minyak jelantah. *Jurnal Teknik Kimia USU*, 12(2), 108-115. <https://doi.org/10.32734/jtk.v12i2.11644>.
- Badan Pusat Statistika Provinsi Jawa Barat. (2021). *Produksi tanaman akar wangi (ton), 2019-2020*. Diakses pada 19 Juni 2024 melalui <https://jabar.bps.go.id/indikator/163/326/1/produk-si-tanaman-akar-wangi.html>.
- Berhe, M. T., Berhe, I. G. G., Cheru, M. S., & Weldehans, M. G. (2023). Characterization of acid activation of bentonite clay of Hadar, Afar, Ethiopia. *Advance in Material Science and Engineering*, 2024(1), 1-8. DOI: <https://doi.org/10.1155/2024/6413786>.
- Bukit, N., Ginting, E. M., Frida, E., & Bukit, B. F. (2021). Physical analysis of TiO<sub>2</sub> and bentonite nanocomposite as adsorbent materials. *Reviews on Advanced Materials Science*, 60(1), 912-920. DOI: 10.1515/rams-2021 0076.
- Chavan, P. V., Khedkar, M. A., Satpute, S. R., & Bankar, S. B. (2021). Adsorptive removal of unsaturated fatty acids using ion exchange resins. *Journal of Chemical and Engineering Data*, 66(1), 308-321. DOI: <https://doi.org/10.1021/acs.jced.0c00700>
- Dousova, B., Pilar, L., Kolousek, D., Bedrnova, E., Lhotka, M., & Maxova, K. (2024). Adsorption properties of fly ash-clay composites from Central European localities: Case study. *Applied Clay Science*, 255(1), 107395. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.clay.2024.107395>.
- Fauziah, A. (2018). *Peningkatan kandungan vetiver oil pada kultur kalus akar wangi (Vetiveria zizanioides (L.) Nash.) melalui elisitasi dengan ion logam (Cd, Al, Pb) dan karbohidrat (pektin, kitosan, arabic gum)*. [Skripsi Sarjana, Universitas Brawijaya]. <https://repository.ub.ac.id/id/eprint/193086/>. Repository UB.
- Hamad, H. N., Idrus, S., Yusuf, B., Jamali, N. S., Ahsan, A., Suhartini, S., & Wahab, A. M. A. (2024). Optimized bentonite clay adsorbents for methylene blue removal. *Processes*, 2024(12), 1-27. DOI: <https://doi.org/10.3390/pr12040738>.

- Haryono, Ernawati, E. E., & Erliana, A. H. (2018). Kinerja ekstraksi minyak akar wangi dengan metode ultrasonikasi dan soxhletasi. *Jurnal Rekayasa Bahan Alam dan Energi Berkelanjutan*, 2(1), 1-6.
- Imelda, D., Khanza, A., & Wulandari, D. (2019). Pengaruh ukuran partikel dan suhu terhadap penyerapan logam tembaga (Cu) dengan arang aktif dari kulit pisang kapok (*Musa paradisiaca* Formatypica). *Jurnal Teknologi*, 6(2), 107-118.
- Indarto, C. & Fakhry, M. (2022). Efektivitas jenis adsorben dalam pemurnian *cooking oil* dari jagung varietas lokal Madura. *Agrointek*, 16(4), 622-629.
- International Union of Pure and Applied Chemistry (IUPAC). (1985). Reporting physisorption data for gas/solid systems with special reference to the determination of surface area and porosity. *Pure and Applied Chemistry*, 57(4), 603-619.
- Mahmudha, S. & Nugraha, I. (2016). Pengaruh penggunaan bentonit teraktivasi asam sebagai katalis terhadap peningkatan kandungan senyawa isopulegol pada minyak sereh wangi Kabupaten Gayo Lues-Aceh. *Chimica et Natura Acta*, 4(3), 123-129.
- Mutofar, M. M., Yunianto, I., Mansur, J., Thayyibi, A. D., & Nurhayati, A. (2021). Pemurnian minyak atsiri akar wangi menggunakan destilasi tambahan bahan kaca. *Jurnal Masyarakat Mandiri*, 5(3), 869-876. DOI: <https://doi.org/10.31764/jmm.v5i3.4396>.
- Nadhiro, U. (2016). *Penggunaan bentonit sebagai adsorben pada proses pemurnian minyak ikan kasar (crude fish oil) hasil samping industri pengalengan ikan lemuru (Sardinella lemuru)*. [Skripsi Sarjana, Universitas Airlangga]. Repository Unair. <https://repository.unair.ac.id/60138/>.
- Naeem, A., Abbas, T., & Ali, T. M. (2018). Effect of storage on oxidation stability of essential oils derived from culinary herbs and spices. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 12(3), 877-883. DOI: 10.1007/S11694 017-9702-3.
- Nduru, F. (2019). *Pembuatan dan karakterisasi arang aktif dari kulit buah manggis (Garcinia mangostana L.) untuk mengadsorpsi logam Fe (II) dan Pb (II) pada air sumur gali dengan metode spektrofotometer serapan atom (SSA)*. [Skripsi Sarjana, Universitas Sari Mutiara Indonesia]. Repository Sari Mutiara.
- Nurjanah, S., Zain, S., Rosalinda, S., & Fajri, I. (2016). Kajian pengaruh dua metode pemurnian terhadap kejernihan dan kadar *patchouli alcohol* minyak nilam asal Sumedang. *Jurnal Teknotan*, 10(1), 24-29.
- Pandey, A. & Tiwari, S. C. (2024). A review on chemical composition, oil quality, and bioactivity of vetiver essential oil. *Indian Journal of Pharmaceutical Science*, 86(4), 1176-1186. DOI: 10.36468/pharmaceutical-sciences.1381
- Pratama, Z. K. A. (2019). *Kajian pemanfaatan bentonit teraktivasi asam dan bentonit teraktivasi basa sebagai bleaching earth terhadap kualitas minyak sereh wangi (Citronella Oil) dan minyak daun cengkih (clove leave oil)*. [Skripsi Sarjana, Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta]. Digilib UIN. <https://digilib.uin-suka.ac.id/id/eprint/45709/>.
- Pratiwi, A. A. & Saptarini, N. M. (2020). *Potensi produksi dan aktivitas antimikroba minyak atsiri akar wangi (Vetiveria zizanioides) di Kabupaten Garut, Jawa Barat*. [Skripsi Sarjana, Universitas Padjajaran]. Repository Unpad. <https://repository.unpad.ac.id/server/api/core/bitstreams/bf031895-f036-45b6-be97-5d9c16004040/content>.
- Putrawan, I.D.G.A. & Farda, E., (2015). Simple vacuum distillation of vetiver oil from smallholders for quality improvement. *Global Journal of Researches in Engineering*, 15(3), 1-7.
- Rahayu, L. H. & Purnavita, S. (2014). Pengaruh suhu dan waktu adsorpsi terhadap sifat kimia-fisika minyak goreng bekas hasil pemurnian menggunakan adsorben ampas pati aren dan bentonit. *Momentum*, 10(2), 35-41.
- Setyaningrum, D. Fajarwati, N., Maghfiroh, A. M. (2024). The effect of HCl activator concentration on the effectiveness of activated carbon derived from corncobs for methylene blue adsorption. *Jurnal Kimia dan Pendidikan Kimia*, 6(2), 181-193. DOI: 10.20414/spin.v6i2.11516.
- Setyawan, D. I. (2015). *Isolasi dan identifikasi senyawa steroid dari akar tumbuhan akar wangi (Vetiveria zizanioides Stapf) dengan uji aktivitasnya sebagai penolak serangga (repellent) pada hama gudang (Sitophilus oryzae L.)*. [Skripsi Sarjana, Universitas Lampung]. Digilib Unila. <https://digilib.unila.ac.id/15966/>.
- Soetjipto, H., Putra, Y. A., & Kristijanto, A. I. (2020). Pengaruh pemurnian terhadap kualitas dan kandungan skualen minyak biji kemangi hutan (*Ocimum gratissimum* L.). *ALCHEMY*, 16(2), 190-198. DOI: 10.20961/alchemy.16.2.41110.190-198.
- Standar Nasional Indonesia. (2006). *Minyak akar wangi*. SNI 06-2386-2006.
- Suarantika, F., Patricia, V. M., & Rahma, H. (2023). Karakterisasi dan identifikasi senyawa minyak atsiri pada sereh wangi (*Cymbopogon nardus* (L.) Rendle) dengan kromatografi gas-spektrometri massa. *Jurnal Mandala Pharmacon Indonesia*, 9(2), 514-523. DOI: 10.35311/jmpi.v9i2.415.
- Sudjana. (1985). *Disain dan analisis eksperimen*. Tarsito.
- Sugita, P., Purwaningsih, H., & Fathurrahman, M. (2015). Adsorption studies of Fe(III) ion on glutaraldehyde cross-linked chitosan and its application in purifying vetiver oil. *International Journal of Chemical Sciences*, 13(4), 1805-1817.

- Sumiyati, D. (2022). *Aplikasi arang dari limbah akar wangi sebagai media tanam sawi (Brassica juncea L) secara hidroponik dan briket arang sebagai bahan bakar*. [Skripsi Sarjana, Universitas Siliwangi]. <http://repositori.unsil.ac.id/7546/>.
- Taxiarchou, M., Tsakiri, D., & Douni, I. (2025). The impact of pH on the pore and structural characteristics of acid-modified bentonites in oxalate solutions. *Minerals*, 15(2025), 1-17. DOI: <https://doi.org/10.3390/min15030257>.
- Virag, L., Bocsi, R., & Petho, D. (2022). Adsorption properties of essential oils on polylactic acid microparticles of different sizes. *Materials*, 15(9), 1-14. DOI: <https://doi.org/10.3390/ma15196602/>
- Wulandari, F. & Harismah, K. (2021). *Pemurnian minyak daun cengkeh dengan metode adsorbs menggunakan adsorben lempung bentonite dengan aktivasi asam sitrat dari lemon*. [Skripsi Sarjana, Universitas Muhammadiyah Surakarta]. Eprints UMS. <https://eprints.ums.ac.id/111203/>
- Yustinah & Rosdiana. (2014). Pengaruh konsentrasi asam sitrat terhadap penurunan bilangan asam dan kepekatan warna minyak jelantah melalui proses adsorpsi. *KONVERSI*, 3(1), 27-36.
- Zain, M. S. C., Lee, S. Y., Teo, C. Y., & Shaari, K. (2020). Adsorption and desorption properties of total flavonoids from oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) mature leaf on macroporous adsorption resins. *Molecules*, 2020(25), 1-17. DOI: 10.3390/molecules25040778.
- Zhang, H., Zhou, J., Muhammad, Y., Tang, R., Liu, K., Zhu, Y., & Tong, Z. (2019). Citric acid modified bentonite for congo red adsorption. *Front Mater*, 6(5), 1-11. DOI: 10.3389/fmats.2019.00005.