

# Pemanfaatan Karbon dari Kulit Buah Kelor (*Moringa oleifera*) untuk Penjernihan Minyak Jelantah

Riana Novela<sup>1</sup>, Rahadian Zainul<sup>2</sup>, Desy Kurniawati<sup>3</sup>, Niza Lian Pernadi<sup>4</sup>, Maulidia Arsyta Rahmi<sup>5</sup>, Siti Sarah Istiqamah<sup>6</sup>, Umar Kalmar Nizar<sup>\*7</sup>

<sup>1,2,3,4,5,6,7</sup>Departemen Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang  
Jln. Prof. Hamka, Air Tawar, Padang, Sumatera Barat, Indonesia

\*umar\_kn@fmipa.unp.ac.id

**Abstract** — the high demand for cooking oil causes scarcity and increases the price of cooking oil in the market. Despite the scarcity, people still use it by heating it repeatedly. Cooking oil that has been used repeatedly is called used cooking oil which contains saturated fatty acids which will have a negative impact on health if reused. Therefore, this study aims to clarify used cooking oil by using carbon from moringa peels to improve the quality of used cooking oil. Moringa fruit peel contains cellulose and hemicellulose so that it can be used as a carbon source using the calcination method and tested for approximation such as tests for ash content, vapor content and bound carbon. Furthermore, carbon is applied in the clarification of used cooking oil by adsorption method. After the used cooking oil has been clarified, the properties of the used cooking oil are tested, such as density, flow rate, acid number and saponification number. The result of this research is that the resulting Moringa peel carbon at 250 - 350°C complies with the SNI 06-3730-2021 standard. The application of Moringa peel carbon in used cooking oil has been shown to reduce the density value to 0.886 g/mL, an acid number of 4.476 mg/KOH, and succeeded in increasing the value of the flow rate to 0.735 and the saponification number to 351.751 mg/KOH.

**Keywords** — Carbon, Moringa Peels (*Moringa oleifera*), Waste Cooking Oil, Purification, Approximate.

## I. PENDAHULUAN

Seiring dengan banyaknya industri makanan dan rumah tangga menjadikan minyak goreng termasuk sebagai kebutuhan yang paling utama sehingga seluruh dunia menggunakannya untuk memasak. Meskipun terjadi kelangkaan minyak, masyarakat tetap menggunakannya untuk memasak. Minyak goreng yang digunakan berulang kali dan mengalami perubahan warna menjadi gelap dan cenderung lebih kental dari fisik awalnya disebut minyak jelantah.

Minyak jelantah memiliki bau yang tengik karena terjadi proses oksidasi yang menyebabkan rusaknya ikatan trigliserida dalam minyak. Penggunaan minyak jelantah berkali-kali dapat menyebabkan menumpuknya lemak sehingga meningkatkan kolesterol darah, menyebabkan hipertensi dan serangan jantung. Selain itu penggunaan minyak jelantah juga dapat memicu kanker dan mengurangi kecerdasan jika dikonsumsi dalam jangka panjang [1].

Produksi minyak jelantah di Indonesia diperkirakan mencapai 4 juta ton/tahun. Untuk menghindari biaya yang tinggi dalam pengolahan minyak jelantah dan menghindari polusi terhadap tanah dan air, minyak jelantah diolah menjadi produk lain. Beberapa upaya yang telah dilakukan dalam pengolahan minyak jelantah adalah dengan merobahnya menjadi produk bermanfaat seperti biodiesel [2], lilin [3] dan sabun. Selain itu, untuk mengatasi kelangkaan minyak goreng pada kondisi khusus, beberapa usaha pemurnian juga telah

dilaporkan. Dengan demikian, minyak jelantah kembali layak digunakan [4].

Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk meningkatkan mutu minyak jelantah yaitu dengan proses adsorpsi. Adsorpsi merupakan peristiwa penyerapan suatu substansi pada permukaan zat padat menggunakan bahan yang dapat mengadsorpsi kotoran pada minyak [5].

Penjernihan minyak goreng umumnya dilakukan dengan metoda adsorpsi. Metode ini cukup efektif, rendah biaya dan dapat diregenrasi serta relative sederhana. Bahan yang digunakan sebagai adsorben umumnya bahan-bahan organik yang sudah limbah seperti kulit pisang dan karbonnya atau masih dalam bentuk bahan mentah seperti sayuran-sayuran. Penggunaan sayur-sayuran seperti terung dan kentang serta nasi dalam pemurnian minyak jelantah sangat tidak efektif karena ketiga bahan tersebut merupakan bahan-bahan untuk dikonsumsi. Oleh sebab itu penggunaan bahan-bahan limbah lebih menguntungkan karena rendah biaya seperti karbon dari karbonisasi limbah organik rumah tangga [6].

Material karbon merupakan dihasilkan dari pembakaran tidak sempurna yang diperoleh dari karbonisasi dan memiliki kandungan selulosa, hemiselulosa, pati dan lignin. Karbonisasi merupakan proses penguraian material organik menggunakan suhu tinggi dengan dan tanpa adanya oksigen [7]. Material karbon biasanya digunakan sebagai bahan pengisi material komposit, sebagai elektroda, katalis, filter,

TABEL I  
KODE SAMPEL YANG DIHASILKAN

No.	Sampel	Suhu Kalsinasi	Kode
1	Karbon Kulit Buah Kelor	250°C	K-KBK 250
2	Karbon Kulit Buah Kelor	300°C	K-KBK 300
3	Karbon Kulit Buah Kelor	350°C	K-KBK 350
4	Karbon Kulit Buah Kelor	400°C	K-KBK 400

dan adsorbent, beberapa keunggulan material ini diantaranya memiliki struktur nano yang unik, konduktivitas sangat baik, stabilitas kimia dan sifat adsorpsi yang baik.

Beberapa limbah organik yang dimanfaatkan sebagai sumber karbon dalam pemurnian minyak jelantah ini diantaranya biji salak [4], biji pala [6], ampas tahu [8], ampas tebu [9], dan kulit durian [10]. Beberapa penelitian tentang pemurnian minyak jelantah menggunakan karbon telah dilaporkan. Okko,dkk (2017) yang menggunakan serbuk dari kayu ulin sebagai karbon dalam pemurnian minyak jelantah, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan serbuk dari kayu ulin sebanyak 5,5 gram dan waktu adsorpsi 80 menit dapat memberikan penurunan terhadap kadar *free fatty acid* (FFA) dan kadar air pada minyak jelantah [11].

Kulit buah kelor merupakan salah satu limbah organik yang memiliki kandungan selulosa berkisar  $512 \pm 4,81$  dan hemiselulosa  $43,4 \pm 6,22$  [12]. Peneliti yang telah melaporkan pemanfaatan kulit buah kelor yaitu sebagai antibakteri dengan cara mengekstrak kulit buah kelor [13]. Berdasarkan kandungan yang dimiliki kulit buah kelor maka limbah ini dapat berpotensi untuk dijadikan sebagai sumber karbon untuk material maju.

Pada penelitian ini dilakukan uji pemurnian minyak jelantah terhadap karbon kulit buah kelor dan hasil yang akan didapatkan akan diujikan bilangan asam, densitas, laju alir serta bilangan penyabunan.

## II. METODE PENELITIAN

### A. Alat dan Bahan

Peralatan yang digunakan pada penelitian ini terdiri atas alat-alat untuk analisis karbon dan alat-alat untuk analisis sifat minyak jelantah seperti timbangan analitik, kurs porselen, spatula, termometer, magnetic stirer, gelas kimia, erlenmeyer, corong, buret, statif dan klem. Bahan-bahan yang digunakan adalah Minyak Jelantah, Karbon Kulit Buah Kelor, Ethanol (Merck, 98%), NaOH, Fenolftalein, Asam Oksalat, KOH, HCl (Merck, 37%).

### B. Prosedur Kerja

#### 1. Preparasi Karbon

Preparasi karbon kulit buah kelor merujuk pada prosedur karbonisasi kulit ubi kayu yang diperoleh berdasarkan hasil TGA [14]. Kulit buah kelor dikeringkan dibawah sinar matahari dan dilanjutkan dalam oven pada suhu 105°C sampai berat konstan. Sampel dikalsinasi selama 1 jam dengan suhu yang bervariasi (200 - 400°C) dan kemudian disimpan dalam desikator. Karbon kulit buah kelor yang dihasilkan kemudian digerus sampai halus dan lolos ayakan 100 mesh. Sampel kemudian dibilas dengan aquadest, disaring dan dikeringkan pada suhu 105°C selama 1 jam. Selanjutnya sampel diuji sifat proksimatnya dan diaplikasikan dalam penjernihan minyak jelantah. Sampel yang diaplikasikan adalah yang memiliki nilai proksimat yang terbaik (sesuai SNI) [15]. Sampel hasil karbonisasi pada variasi suhu disimbolkan dalam Tabel I sebagai berikut:

#### 2. Preparasi Minyak Jelantah

Minyak jelantah disaring dan dipanaskan pada suhu 110°C selama 1 jam untuk menguapkan kandungan air dalam minyak. Selanjutnya minyak di dinginkan untuk dianalisis beberapa sifat-sifatnya sebelum dilakukan proses penjernihan.

#### 3. Proses Penjernihan Minyak Jelantah

Sampel karbon yang digunakan adalah yang menghasilkan sifat proksimat yang sesuai dengan data SNI. Sebanyak 1; 1,5; dan 2 gram sampel karbon dimasukan ke dalam gelas Beaker 250 mL yang berisi 100 mL minyak jelantah [16] dan dipanaskan pada suhu 160°C selama 1 jam. Sampel kemudian disaring dan diambil filtratnya untuk dilakukan uji beberapa sifat fisiknya fisikokimia nya yaitu densitas, laju alir, bilangan asam dan bilangan penyabunan.

#### 4. Analisis Proksimat

##### Analisis Kadar Uap

Kurs porselen kosong ditimbang dan dimasukkan 1 gram sampel. Kurs porselen yang berisi sampel dimasukkan kedalam furnace kemudian dipanaskan sampai suhu 950°C. Sampel dimasukkan ke dalam desikator dan berat sampel ditimbang [17]. Berikut persamaan untuk menghitung jumlah Kadar uap, dimana W1 merupakan berat sampel awal (g) dan W2 berat setelah difurnace (g).

$$\text{Kadar Uap (\%)} = \frac{(w_1 - w_2)}{w_1} \times 100$$

##### Analisis Kadar Abu

Kurs porselen kosong ditimbang dan dimasukkan 2 gram sampel. Kurs porselen yang berisi sampel difurnace pada suhu 800 - 900°C selama 2 jam. Sampel dimasukkan ke dalam desikator dan berat sampel ditimbang [17]. Berikut adalah persamaan untuk menghitung jumlah kadar abu, dimana W1 adalah berat abu (g) dan W2 adalah berat sampel awal (g).

$$\text{Kadar Abu (\%)} = \frac{w_1}{w_2} \times 100$$

### Analisis Kandungan Karbon Terikat

Kandungan karbon terikat dalam sampel dianalisis berdasarkan persamaan di bawah ini [17], dimana A adalah kadar abu (%) dan B adalah kadar uap (%).

$$\text{Karbon Terikat (\%)} = 100\% - (A+B)$$

### 5. Analisis Sifat Minyak Jelantah

#### Densitas

Densitas merupakan suatu massa jenis pada zat yang dinyatakan dalam massa per satuan volume pada suhu tertentu. Menimbang piknometer kosong lalu mencatat hasilnya yang kemudian memasukan 25 mL minyak jelantah kedalam piknometer hingga penuh lalu ditimbang. Sehingga berat antara piknometer kosong dan piknometer yang berisi minyak jelantah merupakan hasil densitas yang didapatkan dengan persamaan:

$$\rho = \frac{\text{massa (gram)}}{\text{volume (mL)}}$$

#### Laju Alir

Penentuan laju alir dalam produksi minyak jelantah digunakan alat uji laju alir yaitu buret, klem, statif dan Erlenmeyer. 10 mL minyak jelantah dimasukan kedalam buret kemudian buret dibuka secara maksimal lalu mencatat hasil laju alir yang diperoleh dengan persamaan:

$$\text{Laju Alir} = \frac{\text{Volume (mL)}}{\text{Waktu (s)}}$$

#### Bilangan Asam

Bilangan asam pada produksi digunakan metode titrasi 0,5 gram minyak jelantah ditambahkan 50 mL ethanol ke dalam Erlenmeyer. Selanjutnya di stirrer dan dipanaskan selama 30 menit, kemudian dititrasi dengan KOH dalam ethanol 0,5 mL sampai mencapai titik equivalen, sehingga didapatkan persamaan sebagai berikut:

$$AV = \frac{\text{mL KOH} \times N \text{ KOH} \times \text{BM KOH}}{\text{berat sampel (gram)}}$$

#### Bilangan Penyabunan

Bilangan penyabunan didapatkan dengan cara menambahkan 12,5 mL KOH dalam ethanol jenuh kedalam Erlenmeyer yang telah berisi minyak jelantah ±1 gram, selanjutnya dititrasi dengan HCl 0,5 N hingga terjadi perubahan warna merah muda ke bening.

$$SV = \frac{\text{Vol. blanko} - \text{Vol. sampel} \times N \text{ HCl} \times \text{BM KOH}}{\text{berat sampel (gram)}}$$

## III. HASIL DAN PEMBAHASAN

### A. Karbon Kulit Buah Kelor

Hasil kalsinasi dari karbon kulit buah kelor dapat dilihat pada Gambar 1. Berdasarkan Gambar 1, hasil karbonisasi pada suhu 250 - 350°C memiliki perbedaan dengan karbon bersuhu 400°C yang mana pada suhu ini menunjukkan bahwa

sampel K-KBK dengan suhu 400°C telah terkarbonisasi secara sempurna. Hal ini dilihat dengan adanya perbedaan warna dari hasil karbonisasi tersebut yaitu berwarna abu keputihan. Oleh karena itu, hasil karbonisasi suhu 400°C tidak bisa dijadikan sebagai karbon untuk material maju.



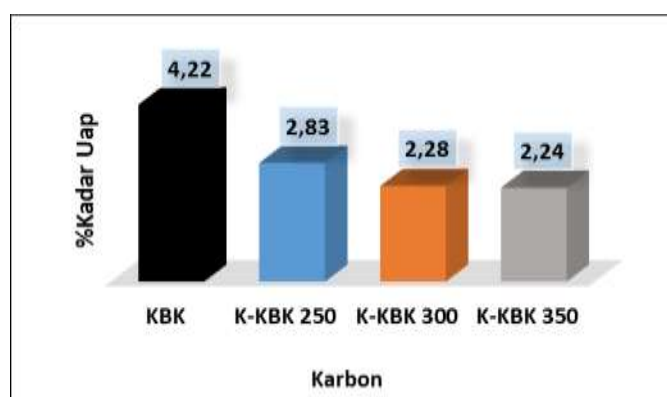
Gambar 1. Hasil Karbonisasi Kulit Buah Kelor (a) K-KBK 250, (b) K-KBK 300, (c) K-KBK 350, (d) K-KBK 400

### B. Uji Analisis Proksimat

Tujuan dilakukan uji proksimat yaitu untuk menentukan kadar abu dan kadar uap pada kulit buah kelor dan karbon kulit buah kelor pada suhu 250°C - 350°C.

#### 1. Kadar Uap

Analisis kadar uap bertujuan untuk menentukan jumlah zat atau senyawa yang tidak menguap setelah proses karbonisasi berlangsung [18]. Komponen kimia yang terdapat dalam karbon seperti adanya zat ekstraktif dari bahan baku karbon dapat menentukan tinggi rendahnya kadar uap yang dihasilkan. Jumlah zat volatil yang tinggi menyebabkan jumlah kandungan karbon berkurang, sehingga dapat mengakibatkan menurunnya kualitas dari karbon tersebut [19]. Kadar uap yang dihasilkan dapat dilihat pada Gambar 2.



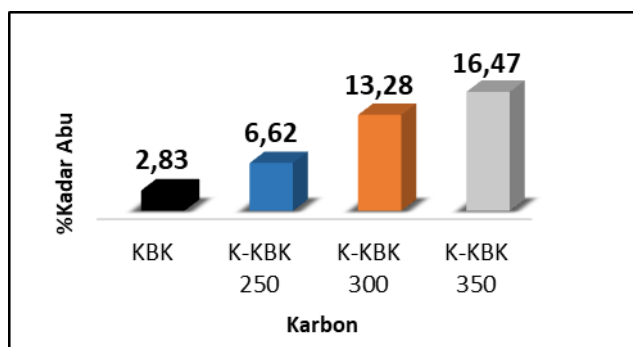
Gambar 2. Hasil Analisis Kadar Uap Karbon Kulit Buah Kelor

Gambar diatas menunjukkan bahwa pada suhu 250°C diperoleh kadar uap sebesar 2,83%, pada suhu 300°C sebesar 2,28% dan suhu 350°C sebesar 2,24%. Hasil yang diperoleh untuk ketiga suhu kalsinasi sesuai dengan SNI 06-3730-2021 yaitu dibawah 25%. Berdasarkan hasil data tersebut dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi suhu

karbonisasi maka semakin sedikit zat volatil yang menguap. Zat volatil pada karbon menurun seiring dengan kenaikan suhu karbonisasi [20].

### 2. Kadar Abu

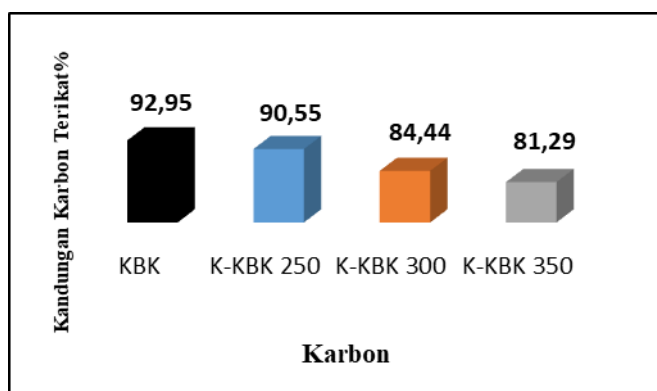
Jumlah kadar abu sangat berpengaruh terhadap kualitas karbon yang dihasilkan. Karbon yang memiliki kadar abu yang sangat banyak akan mengakibatkan terjadinya penyumbatan pori-pori pada karbon sehingga luas permukaan karbon berkurang [21]. Gambar 3 ini menunjukkan hasil kadar abu yang terdapat pada sampel kulit buah kelor dan karbon kulit buah kelor. Hasil kadar abu yang terdapat pada sampel kulit buah kelor pada suhu 250°C yaitu sebesar 6,62%, pada suhu 300°C sebesar 13,28% dan suhu 350°C menghasilkan kadar abu sebanyak 16,47%. Pada penelitian ini kadar abu pada suhu 250°C telah sesuai dengan SNI 06-3730-2021. Berdasarkan pada gambar 14 dapat disimpulkan bahwa semakin tingginya suhu karbonisasi, maka akan semakin besar kadar abu yang dihasilkan [21].



Gambar 3. Hasil Analisis Kadar Abu Kulit Buah Kelor

### 3. Kandungan Karbon Terikat Kulit Buah Kelor

Analisis ini bertujuan untuk mengetahui jumlah karbon murni yang terkandung pada sampel. Kualitas karbon yang dihasilkan semakin bagus apabila jumlah kadar abu dan kadar uap nya kecil [22]. Gambar 4 hasil dari kandungan karbon terikat kulit buah kelor.



Gambar 4. Hasil Analisis Kandungan Karbon Terikat Kulit Buah Kelor

Gambar diatas menunjukkan hasil pengujian kandungan karbon terikat kulit buah kelor (250°C, 300°C,

dan 350°C). Hasil analisis suhu 250°C, 300°C, dan 350°C kandungan karbon terikat masing-masing sebesar 90,55%, 84,44%, dan 81,29%. Hasil analisis ini sesuai dengan SNI 06-3730-2021 yaitu diatas 65%. Berdasarkan hasil analisis tersebut, disimpulkan bahwa suhu karbonisasi yang tinggi menyebabkan rendahnya kandungan karbon terikat.

### C. Uji Beberapa Sifat Minyak Jelantah

Parameter yang digunakan dalam menentukan kualitas minyak jelantah antara lain uji densitas, laju alir, bilangan asam dan bilangan penyabunan. Pengujian ini dilakukan untuk membandingkan kualitas penjernihan minyak jelantah menggunakan karbon kulit buah kelor dengan sifat-sifat minyak jelantah.

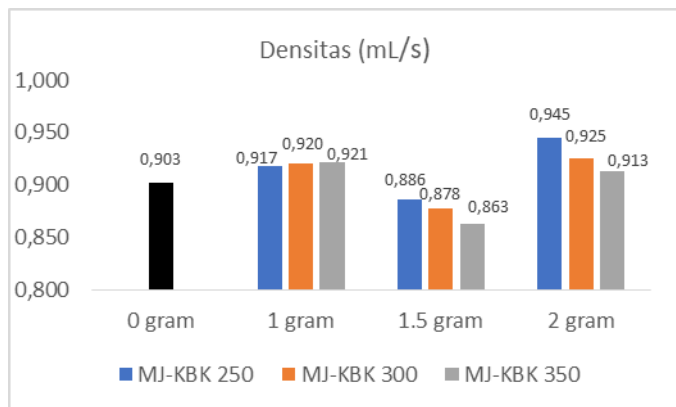
TABLE II  
SIFAT MINYAK JELANTAH [SNI 01-3741-2022]

Sifat	Satuan	Syarat
Densitas	g/ML	0,902 max
Viskositas	mL/s	0,674 max
Bilangan Asam	mg/KOH	0,6 max
Bilangan Penyabunan	mg/KOH	196-206

#### 1. Densitas

Pengujian massa jenis minyak jelantah bertujuan untuk mengetahui jumlah suatu zat yang terkandung di dalam suatu unit volume. Uji densitas yang dihasilkan ditentukan menggunakan piknometer dengan satuan g/mL. Gambar 5 merupakan hasil dari pegujian penjernihan minyak jelantah menggunakan karbon kulit buah kelor. Terlihat pada gambar 5 menunjukkan MJ-KBK 350°C dengan massa 1,5 gram memiliki nilai densitas yang paling rendah yaitu sebesar 0,886 g/mL dan ini telah sesuai dengan SNI 01-3741-2022. Penurunan nilai densitas dikarenakan adsorben dapat mengadsorpsi minyak jelantah dengan baik sehingga impuritis yang terkandung di dalam minyak jelntah mengalami penurunan yang cukup banyak, dan ikatan molekul yang ada di dalam minyak dapat berkurang banyak [2]. Terlihat juga adanya kenaikan nilai densitas yang mana hal ini dipengaruhi oleh suhu yang digunakan, proses adsorpsi yang menggunakan suhu tinggi dapat menyebabkan terjadinya peningkatan massa jenis. Jika terjadi peningkatan massa jenis minyak, dikarenakan adanya proses penghilangan kotoran minyak awal yang tidak sempurna sehingga dapat meningkatkan massa jenis minyak tersebut [23].

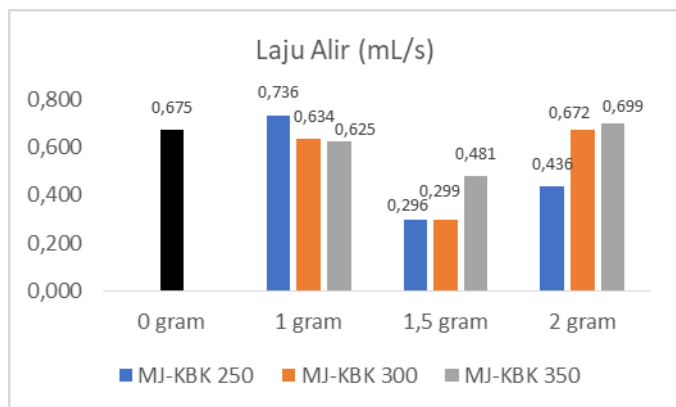




Gambar 5. Densitas Minyak Jelantah

### 2. Laju Alir

Salah satu uji untuk menentukan kualitas minyak jelantah adalah viskositas. Viskositas dapat diuji dengan menentukan laju alir dari minyak jelantah. Viskositas adalah sifat propetif dari sebuah cairan yang menggambarkan hambatan satu zat tersebut saat mengalir [24]. Berikut ini merupakan hasil laju alir dari penjernihan minyak jelantah menggunakan karbon kulit buah kelor:



Gambar 6. Laju Alir Minyak Jelantah

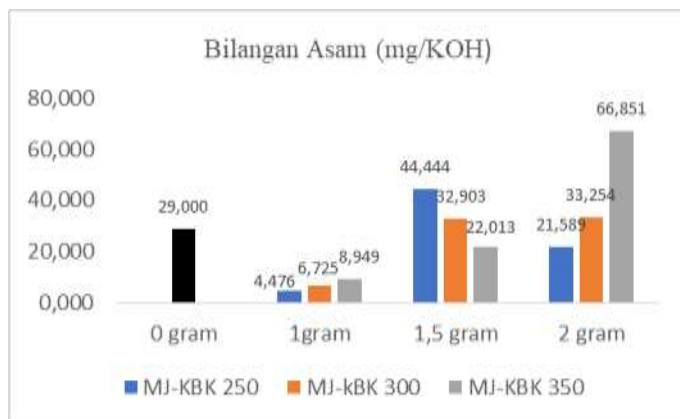
Gambar 6 merupakan hasil dari uji laju alir pemurnian minyak jelantah menggunakan karbon kulit buah kelor, dimana nilai laju alir yang memenuhi syarat SNI 01-3741-2022 dari sifat tertinggi yaitu pada MJ-KBK 250°C pada karbon kulit buah kelor sebanyak 1 gram yaitu sebesar 0.735 mL/s. Viskositas berbanding terbalik dengan laju alir, semakin tinggi laju alir maka semakin rendah viskositas yang dimiliki oleh minyak jelantah begitupun sebaliknya [25].

### 3. Bilangan Asam

Bilangan asam dinyatakan sebagai jumlah miligram KOH yang diperlukan untuk menetralkan asam lemak bebas yang terdapat dalam 1 gram minyak atau lemak [24]. Asam lemak bebas ini dapat terjadi karena kerusakan minyak akibat hidrolisis trigliserida (lemak). Minyak dengan kualitas tinggi memiliki asam lemak bebas rendah dan bilangan asam rendah. Berdasarkan gambar 7 terlihat

bahwa MJ-KBK 250°C dengan massa 1 gram memiliki nilai bilangan asam terendah yaitu sebesar 4,476266 mg/KOH.

Nilai kadar asam lemak bebas yang dihasilkan ini tidak sesuai dengan SNI 01-3741-2022 yaitu maksimal 0,6 mg/KOH. Tingginya nilai bilangan asam ini artinya setara dengan tinggi kadar asam lemak bebasnya. Dimana trigliserida yang ada didalam nya sudah banyak terurai menjadi asam lemak bebasnya akibat hidrolisa. Hal ini bisa terjadi pada proses pemanasan minyak dengan suhu tinggi dan berulang-ulang [26].

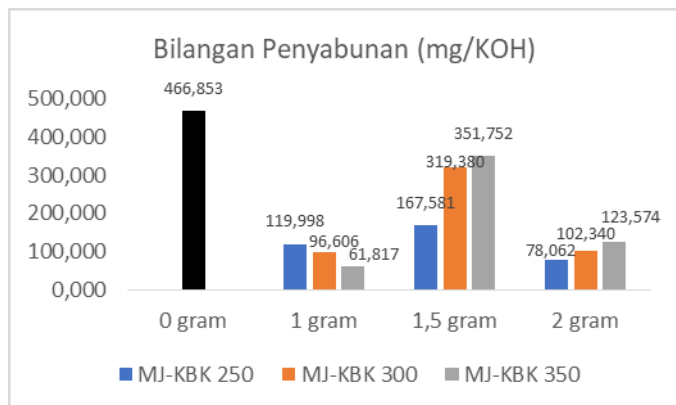


Gambar 7. Bilangan Asam Minyak Jelantah

### 4. Bilangan Penyabunan

Istilah saponifikasi adalah jumlah miligram KOH yang diperlukan untuk menyabunkan satu gram minyak atau lemak. Angka penyabunan yang diperoleh pada penelitian ini menunjukkan banyaknya asam lemak tak jenuh yang terkandung dalam minyak goreng. Pemanasan minyak akan mengakibatkan terbentuknya asam lemak tak jenuh. Semakin lama pemanasan, tentunya akan meningkatkan jumlah asam lemak tak jenuh dalam minyak goreng. Gambar 8 merupakan hasil pengujian bilangan penyabunan dari proses pemurnian minyak jelantah menggunakan karbon kulit kelor.

Nilai yang diperoleh menunjukan bahwa MJ-KBK 350°C dengan massa 1,5 gram memiliki angka penyabunan yang tertinggi yaitu sebesar 351,751 mg/KOH hasil ini tidak sesuai dengan 01-3741-2022 yaitu sebesar 196-206 mg/KOH. Tinggi nya nilai bilangan penyabunan yang diperoleh sebanding dengan tingkat kerusakan minyak yang disebabkan oleh pemanasan yang lama dan berulang yang mengakibatkan oksidasi serta cracking [27].



Gambar 8. Bilangan Penyabunan Minyak Jelantah

#### IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa pada analisis proksimat jika suhu karbonisasi semakin tinggi maka jumlah kadar uap dan kandungan karbon terikat semakin berkurang, sedangkan kadar abu semakin meningkat hal ini sudah sesuai SNI 06-3730-2021. Hasil proses penjernihan minyak jelantah yang diperoleh dari bilangan asam yaitu sebesar 4,476266 mg/KOH, bilangan penyabunan sebesar 351,751 mg/KOH, densitas sebesar 0,886336 g/mL dan laju alir sebesar 0,735852 mL/s.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada bapak Umar Kalmar Nizar sebagai dosen pembimbing dalam pembuatan artikel riset ini. Penulis juga mengucapkan terimakasih kepada Direktorat Penelitian dan Pengabdian Universitas Negeri Padang atas bantuan dana penelitiannya dan juga untuk Laboratorium Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang atas saran dan dukungannya.

#### REFERENSI

- [1] N. H. M, Khoirul, D. R, Ratna, P, M, Yuda, C, "JTPHP VOLUME 12 NO. 2 (2017) <http://journals.usm.ac.id/index.php/jtphp/index>," *Jtphp*, vol. 12, no. 2, pp. 59–63, 2017.
- [2] Irawati, "Pembuatan Dan Pengujian Viskositas Dan Densitas Biodiesel Dari Beberapa Jenis Minyak Jelantah," *J. Fis. dan Ter.*, vol. 5, no. 1, pp. 82–89, 2018, [Online]. Available: <https://journal.uin-alauddin.ac.id/index.php/jft/article/view/15972>
- [3] and F. 2021 Wardani, Saptutyingsih, "Pemanfaatan Minyak Jelantah dalam Pembuatan Lilin Aromaterapi Utilization of Waste Cooking Oil in Making Aromatherapy Candles," *Proceeding UIN Sunan Gunung Djati Bndung*, vol. 1, no. 56, pp. 2–7, 2021.
- [4] D. R. Al Qory, Z. Ginting, S. Bahri, and S. Bahri, "PEMURNIAN MINYAK JELANTAH MENGGUNAKAN KARBON AKTIF DARI BIJI SALAK (Salacca Zalacca) SEBAGAI ADSORBEN ALAMI DENGAN AKTIVATOR H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>," *J. Teknol. Kim. Unimal*, vol. 10, no. 2, p. 26, 2021, doi: 10.29103/jtku.v10i2.4727.
- [5] M. Arang, A. Dari, S. Gergaji, and K. Ulin, "Purification of Waste Cooking Oil Adsorption Method Using," pp. 124–132, 2020.
- [6] I. Kurniawan, S. Susanty, T. Y. Hendrawati, and W. D. R. Rusanti, "Pemanfaatan Karbon Aktif Dari Biji Pala (Myristica fragrans Hoult.) Untuk Pemurnian Minyak Jelantah," *J. Univ. Muhammadiyah Jakarta*, no. November 2021, pp. 1–7, 2021, [Online]. Available: <https://jurnal.umj.ac.id/index.php/semnastek/article/view/11460>

- [7] E. Junary, J. P. Pane, and N. Herlina, "Pengaruh Suhu dan Waktu Karbonisasi Terhadap Nilai Kalor dan Karakteristik pada Pembuatan Bioarang Berbahan Baku Pelepah Aren (Arenga pinnata)," *J. Tek. Kim. USU*, vol. 4, no. 2, pp. 46–52, 2015, [Online]. Available: [repository.usu.ac.id](http://repository.usu.ac.id)
- [8] Ma'rifah, Jamaluddin, Y. Yuyun, and A. Widodo, "Effect of the Addition of Activator in the Production of Activated Carbon of Soybean Curd Residue as Used Cooking Oil Adsorbent," *J. Ris. Kim.*, vol. 4, no. 1, pp. 88–97, 2018.
- [9] M. D. Darmawan and A. N. Sholikin, "Pemurnian Minyak Jelantah Menggunakan Karbon Aktif dari Tongkol Jagung," vol. 9041, 2022, [Online]. Available: <http://repository.upnjatim.ac.id/8457/2/1531010202-BAB I.pdf>
- [10] C. Masyithah, B. Aritonag, and E. Gultom, "Pembuatan Arang Aktif Dari Limbah Kulit Durian Sebagai Adsorben Pada Minyak Goreng Bekas Untuk Menurunkan Kadar Asam Lemak Bebas Dan Bilangan Peroksida," *J. Kim. Sainstek Dan Pendidik.*, vol. II, no. 2, pp. 66–75, 2018.
- [11] S. Oko, M. Mustafa, A. Kurniawan, and N. A. Muslimin, "Purification of Used Cooking Oil by Adsorption Method Using Activated Charcoal from Ulin Wood Sawdust (Eusideroxylon zwageri)," *J. Ris. Teknol. Ind.*, vol. 14, no. 2, p. 124, 2020.
- [12] A. Melesse and K. Berihun, "Chemical and mineral compositions of pods of Moringa stenopetala and Moringa oleifera cultivated in the lowland of Gamogofa Zone," *J. Environ. Occup. Sci.*, vol. 2, no. 1, p. 33, 2013, doi: 10.5455/jeos.20130212090940.
- [13] M. Tuldjanah, "Aktivitas Antibakteri Ekstrak Kulit Buah Kelor (Moringa Oleifera) Terhadap Bakteri Staphylococcus aureus," *J. Mandala Pharmacol Indones.*, vol. 4, no. 02, pp. 94–101, 2018, doi: 10.35311/jmpi.v4i02.30.
- [14] M. I. S. Gemasih *et al.*, "Calcination for Future Application," *Int. Journals Sci. High Technol.*, vol. 27, no. 1, pp. 202–208, 2021.
- [15] SNI 1683-2021, "Arang Kayu," 2021.
- [16] D. Nasrun, T. Samangun, T. Iskandar, and Z. Mas'um, "Pemurnian Minyak Jelantah menggunakan Arang Aktif dari Sekam Padi," *J. Penelit. Tek. Sipil dan Tek. Kim.*, vol. 1, no. 2, pp. 1–7, 2017.
- [17] U. Asihita, *Penggunaan Arang Aktif Limbah Kayu Jati sebagai Pengikat Asam Lemak Bebas pada Minyak Jelantah Terhadap Profil Lipid Mencit*. 2017.
- [18] R. Muthu Dinesh Kumar and R. Anand, *Production of biofuel from biomass downdraft gasification and its applications*. Elsevier Ltd, 2019. doi: 10.1016/B978-0-08-102791-2.00005-2.
- [19] R. Fithratullah, "The Study of Making Biomass Briquettes from Spent Coffee Ground," *J. Environ. Eng. Waste Manag.*, vol. 07, no. 01, pp. 34–53, 2022, [Online]. Available: <http://dx.doi.org/10.33021/jenv.v7i1.1522%7C34><http://dx.doi.org/10.33021/jenv.v7i1.1522%7C35>
- [20] D. E. Setiawati, M.T., W. A. Yusuf, and H. Soedarmanto, "Optimasi pirolisis limbah kayu Durian (Durio zibethinus) berdasarkan ukuran partikel dan suhu," *J. Ris. Ind. Has. Hutan*, vol. 13, no. 2, p. 111, 2021, doi: 10.24111/jrihh.v13i2.7034.
- [21] Satriyani Siahaan, Melva Hutapea, and Rosdanelli Hasibuan, "Penentuan Kondisi Optimum Suhu Dan Waktu Karbonisasi Pada Pembuatan Arang Dari Sekam Padi," *J. Tek. Kim. USU*, vol. 2, no. 1, pp. 26–30, 2013, doi: 10.32734/jtk.v2i1.1423.
- [22] S. Hartanto, "SAWIT DENGAN METODE AKTIVASI KIMIA Pada karbonisasi terjadi proses penguapan air," vol. 12, no. 1, pp. 12–16, 2010.
- [23] Siti Miskah, Tine Aprianti, Sarah Swasti Putri, and Siti Haryanti, "Purifikasi minyak jelantah menggunakan karbon aktif dari kulit durian," *J. Tek. Kim.*, vol. 24, no. 1, pp. 32–39, 2018, doi: 10.36706/jtk.v24i1.423.
- [24] A. E. Atabani, A. S. Silitonga, I. A. Badruddin, T. M. I. Mahlia, H. H. Masjuki, and S. Mekhilef, "A comprehensive review on biodiesel as an alternative energy resource and its characteristics," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 16, no. 4, pp. 2070–2093, 2012, doi: 10.1016/j.rser.2012.01.003.
- [25] Sutiah, K. S. Firdausi, and W. S. Budi, "Studi kualitas minyak goreng dengan parameter viskositas dan indeks bias," *Berk. Fis.*, vol. 11, no. 2, pp. 53–58, 2008.
- [26] J. Tarigan and D. F. Simatupang, "Uji Kualitas Minyak Goreng Bekas Pakai Dengan Penentuan Bilangan Asam , Bilangan Peroksida Dan,"

vol. 2, no. 1, pp. 6–10, 2013.

- [27] A. S. Suroso, "Kualitas Minyak Goreng Habis Pakai Ditinjau dari Bilangan Peroksida , Bilangan Asam dan Kadar Air," *J. Kefarmasian Indones.*, vol. Vol 3, no. 2, pp. 77–88, 2013.