

Pemanfaatan Karbon dari Sabut Buah Nipah (*Nypa fruticans*) untuk Penjernihan Minyak Jelantah

Siti Sarah Istiqamah, Mawardi, Miftahul Khair, Maulidia Arsyta Rahmi, Riana Novela, Niza Lian Pernadi, Umar Kalmar Nizar*

Departemen Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang
Jln. Prof. Hamka, Air Tawar, Padang, Sumatera Barat, Indonesia, 25131

*umarkn@fmipa.unp.ac.id

Abstract — Along with the increase in the food and household industries, demand for raw materials for cooking oil continues to increase, causing shortages and increasing prices of cooking oil. This causes cooking oil to be used repeatedly. Cooking oil that has been used repeatedly which contains many carcinogenic compounds that can be harmful to health. Therefore, this research aims to purify used cooking oil using palm fiber carbon to improve the quality of used cooking oil. Nipa palm fiber contains hemicellulose and cellulose so it has the potential to be used as a carbon source using the calcination method and carrying out proximate tests such as ash content, vapor content and bound carbon content. Next, it is applied in the process of purifying used cooking oil using the adsorption method. After that, several properties of used cooking oil were tested, such as density, flow rate, acid number and saponification number. The results obtained in this research for the proximate test of palm fruit fiber at a temperature of 250-400°C have met the SNI 06-3730-2021 standard. Nypa palm fiber carbon in used cooking oil was proven to reduce the density value to 0.81 g/mL, flow rate 4.17 mL/s, for acid number 3.6 mg/KOH and saponification value 427 mg/KOH. The results obtained are not in accordance with SNI 01-3741-2022.

Keywords — Carbon, Nypa Palm Fibers (*Nypa fruticans*), Waste Cooking Oil, Purification, Approximate.

I. PENDAHULUAN

Banyaknya industri makanan dan rumah tangga menjadikan minyak goreng sebagai salah satu kebutuhan pokok manusia yang sering digunakan dalam pengolahan bahan-bahan makanan[1]. Meskipun dalam beberapa waktu yang lalu telah terjadi kelangkaan minyak goreng, namun masyarakat tetap menggunakannya untuk mengolah bahan makanan. Minyak goreng yang digunakan berulang kali dan memiliki perbedaan warna yang menjadi gelap dan berbau tengik dari sifat fisik awalnya disebut dengan minyak jelantah.

Minyak jelantah adalah minyak yang tidak layak dikonsumsi kembali dikarenakan di dalam minyak jelantah terdapat senyawa-senyawa karsinogenik seperti peroksida dan asam lemak bebas yang tinggi[2]. Dampak yang diakibatkan jika terlalu sering menggunakan minyak jelantah yaitu dapat meningkatkan kolesterol darah, menyebabkan hipertensi dan jantung. Berdasarkan komposisinya minyak jelantah mengandung senyawa-senyawa yang bersifat karsinogenik yang terbentuk selama proses penggorengan[3]. Selain itu juga minyak jelantah dapat menyebabkan munculnya penyakit kanker serta dapat menurunkan kecerdasan jika sering dikonsumsi.

Produksi minyak jelantah di Indonesia telah mencapai 4 juta ton/tahun [2]. Beberapa aplikasi minyak jelantah yang telah dilaporkan adalah mengolahnya menjadi produk lain seperti biodiesel [4], sabun[5] dan lilin aromaterapi[6]. Untuk

mengurangi dampak buruk dari penggunaan minyak jelantah maka dilakukan penjernihan minyak jelantah sebelum digunakan kembali.

Salah satu metode yang umum digunakan untuk menjernihkan minyak jelantah yaitu dengan proses adsorpsi dengan menggunakan yang dapat mengadsorpsi kotoran pada minyak yang disebut dengan adsorben. Adsorben ialah zat padat yang dapat menyerap komponen tertentu dari suatu fluida[2]. Adapun kelebihan dari metode adsorpsi yaitu relatif mudah dan praktis[7] dan adsorben yang digunakan umumnya memiliki biaya yang terjangkau [3]. Beberapa bahan yang digunakan sebagai adsorben dalam proses penjernihan minyak jelantah yaitu zeolite[8], bentonite[9], ampas nanas[10] dan material karbon[2].

Material karbon dihasilkan melalui proses pembakaran yang tidak sempurna menggunakan suhu tinggi. Sumber karbon dapat diperoleh dari beberapa limbah organik yang dalam pemurnian minyak jelantah diantaranya biji salak[2], tongkol jagung[11], ampas tebu[12], sekam padi[3]. Beberapa penelitian tentang pemurnian minyak jelantah menggunakan karbon yang telah dilaporkan yaitu tempurung pala sebagai adsorben untuk penjernihan minyak jelantah yang menghasilkan kualitas karbon dengan kadar air 5,38%, kadar abu 1,515% dan kandungan karbon terikat 83,4% [1] dan karbon aktif dari biji salak diperoleh bilangan asam dan kadar

air pada massa 30 gram yaitu 0,244 mg KOH/g dan 0,062% [2].

Sabut buah nipah merupakan limbah organik dengan komposisi kimia total menunjukkan bahwa kandungan selulosa dan hemiselulosa berkisar 28,9-45,6% berat dan 21,8-26,4% berat [13]. Pemanfaatan sabut buah nipah yang telah dilaporkan yaitu sebagai karbon aktif dalam sintesis katalis dengan aktivator KOH [14]. Berdasarkan kandungan yang dimiliki sabut buah nipah maka limbah ini berpotensi untuk dijadikan sebagai sumber karbon dalam penjernihan minyak jelantah. Pada penelitian ini dilakukan uji penjernihan minyak jelantah dengan karbon sabut buah nipah dan hasil yang didapatkan akan diujikan densitas, laju alir, bilangan asam dan bilangan penyabunan.

II. METODE PENELITIAN

A. Alat dan Bahan

Pada penelitian ini peralatan yang digunakan 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 Sabut Buah Nipah, Etanol (Merck, 98%), NaOH, Fenolftalein, Asam Oksalat, KOH, HCl (Merck, 37%).

B. Prosedur Kerja

1. Preparasi Karbon

Preparasi karbon kulit sabut buah nipah merujuk pada prosedur karbonisasi kulit ubi kayu yang diperoleh berdasarkan hasil TGA [15]. Sabut buah nipah dikeringkan dibawah sinar matahari dan kemudian di oven pada suhu 105°C hingga berat konstan. Sampel kemudian dikalsinasi selama 1 jam dengan variasi suhu (250°C, 300°C, 350°C dan 400°C) kemudian disimpan dalam desikator. Karbon sabut buah nipah yang dihasilkan kemudian digerus sampai halus. Sampel selanjutnya dibilas dengan aquades, disaring dan dikeringkan pada suhu 105°C selama 1 jam. Sampel diuji sifat proksimatnya dan diaplikasikan dalam penjernihan minyak jelantah. Sampel hasil karbonisasi pada variasi suhu diberi label sesuai dengan Tabel 1 berikut:

TABEL 1
KODE SAMPEL YANG DIHASILKAN

No	Sampel	Suhu Kalsinasi	Kode
1	Karbon Sabut Buah Nipah	250°C	K-KBN 250
2	Karbon Sabut Buah Nipah	300°C	K-KBN 300
3	Karbon Sabut Buah Nipah	350°C	K-KBN 350
4	Karbon Sabut Buah Nipah	400°C	K-KBN 400

2. Preparasi Minyak Jelantah

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

3. Proses Penjernihan Minyak Jelantah

Sampel karbon yang diperoleh diuji sifat proksimat dengan membandingkan pada data SNI. Sampel karbon sebanyak 1 gram dimasukkan ke dalam gelas kimia 250 mL yang berisi minyak jelantah sebanyak 100 mL dan dipanaskan pada suhu 160° selama 1 jam. Sampel kemudian disaring dan diambil filtratnya untuk dilakukan uji beberapa sifat fisikokimianya yaitu dengan uji 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 [16]. Berikut persamaan untuk menghitung jumlah Kadar uap, dimana W1 merupakan berat sampel awal (g) dan W2 berat setelah difurnace (g).

$$\text{Kadar Uap (\%)} = \frac{(w1-w2)}{w1} \times 100$$

Analisis Kadar Abu

Kurs porselen kosong ditimbang dan dimasukkan 2 gram sampel. Kurs porselen yang berisi sampel dipanaskan pada suhu 800-900°C selama 2 jam. Sampel dimasukkan ke dalam desikator dan berat sampel ditimbang [16]. Berikut adalah persamaan untuk menghitung jumlah kadar abu, dimana W1 adalah berat abu (g) dan W2 adalah berat sampel awal (g).

$$\text{Kadar Abu (\%)} = \frac{w1}{w2} \times 100\%$$

Analisis Kandungan Karbon Terikat

Kandungan karbon terikat dalam sampel dianalisis berdasarkan persamaan di bawah ini [16], 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 dimasukkan 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 etanol ke dalam erlenmeyer. Selanjutnya diaduk menggunakan stirrer dan dipanaskan selama 30 menit, kemudian dititrasi dengan KOH dalam ethanol 0,5 mL sampai mencapai titik ekuivalen, sehingga didapatkan persamaan sebagai berikut:

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

Bilangan Penyabunan

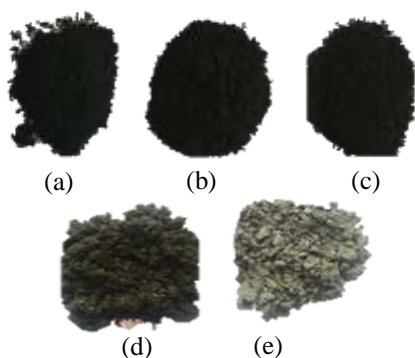
Bilangan penyabunan didapatkan dengan cara menambahkan 12,5 mL KOH dalam ethanol jenuh kedalam erlenmeyer yang telah berisi minyak jelantah ±1 gr, selanjutnya dititrasi dengan HCl 0,5 N hingga terjadi perubahan warna merah muda ke bening.

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

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Karbon Sabut Buah Nipah

Hasil kalsinasi dari karbon sabut buah nipah dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Hasil Karbonisasi Sabut Buah Nipah (a) K-KBN 250, (b) K-KBN 300, (c) K-KBN 350, (d) K-KBN 400 dan (e) K-KBN 450

Berdasarkan Gambar 1, hasil karbonisasi pada suhu 250-350°C sudah terbentuk karbon yang ditandai dengan warna hitam pada sampel. Hal ini berarti terjadi karbonisasi berlanjut pada karbon sabut buah nipah. Sampel pada suhu 400°C sudah terlihat mulai terbentuk abu yang ditandai dengan perubahan

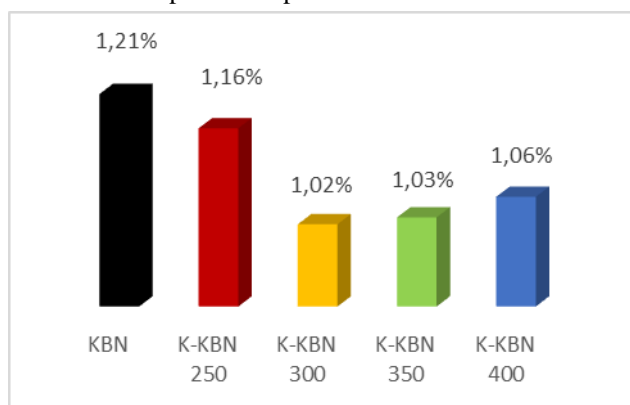
warna menjadi sedikit putih. Sedangkan pada sampel 450°C sudah terjadi karbonisasi sempurna yang ditandai warna putih pada sampel.

B. Analisis Proksimat

Untuk mengetahui pengaruh variasi suhu karbonisasi terhadap kualitas karbon maka dilakukan analisis proksimat. Beberapa analisis proksimat yang dilakukan yaitu uji kadar uap, kadar abu dan kandungan karbon terikat.

1. Kadar Uap

Analisis kadar uap bertujuan untuk menentukan jumlah zat atau senyawa yang tidak menguap setelah proses karbonisasi berlangsung [17]. Komponen kimia yang terdapat dalam karbon dari bahan baku dapat menentukan tinggi rendahnya kadar uap yang dihasilkan. Jumlah kadar uap yang tinggi menyebabkan jumlah kandungan karbon berkurang, sehingga dapat mengakibatkan menurunnya kualitas dari karbon tersebut [18]. Nilai kadar uap yang dihasilkan dapat dilihat pada Gambar 2.

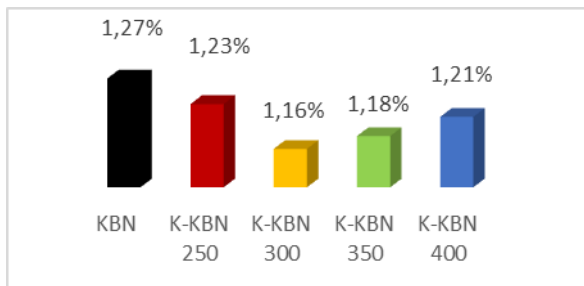


Gambar 2. Hasil Analisis Kadar Uap Sabut Buah Nipah

Gambar diatas menunjukkan pada raw material (KBN) diperoleh kadar uap sebesar 1,21%, pada suhu 250°C sebesar 1,16%, pada suhu 300°C sebesar 1,02%, suhu 350°C sebesar 1,03% dan pada suhu 400°C sebesar 1,06%. Hasil yang diperoleh dari penelitian ini sesuai dengan SNI 06-3730-2021 yaitu dibawah 25%. Tingginya suhu karbonisasi memicu teroksidasinya sebagian besar zat volatil termasuk pula karbon dalam bentuk gas oksida [19]. Berdasarkan hasil data tersebut dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi suhu karbonisasi maka zat volatil semakin sedikit. Zat volatil dalam karbon berkurang dengan meningkatnya suhu karbonisasi [20].

2. Kadar Abu

Kualitas karbon yang dihasilkan dapat diuji melalui uji kadar abu. Karbon dengan kadar abu yang sangat tinggi akan menyebabkan pori-pori karbon tersumbat, sehingga luas permukaan karbon berkurang [21]. Nilai kadar abu pada karbon dapat dilihat pada gambar 3.

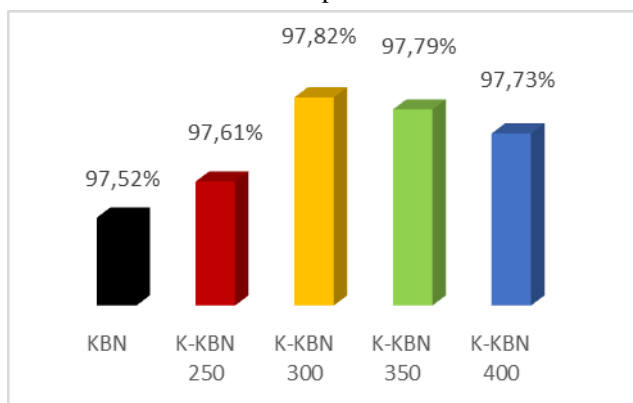


Gambar 3. Hasil Analisis Kadar Abu Sabut Buah Nipah

Gambar 3 ini menunjukkan hasil kadar abu yang terdapat pada karbon sabut buah nipah. Hasil kadar abu yang diperoleh pada suhu 250°C yaitu sebesar 1,23%, pada suhu 300°C sebesar 1,16%, pada suhu 350°C sebesar 1,18% dan pada suhu 400°C menghasilkan kadar abu sebanyak 1,21%. Pada penelitian ini kadar abu pada suhu 250°C telah sesuai dengan SNI 06-3730-2021. Berdasarkan Gambar 14 dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi suhu karbonisasi maka kadar abu semakin tinggi [21].

3. Kandungan Karbon Terikat Sabut Buah Nipah

Kandungan karbon terikat adalah karbon murni yang terdapat dalam karbon. Penentuan karbon terikat untuk mengetahui nilai atau jumlah karbon murni yang ada dalam karbon aktif [22]. Gambar 4 hasil dari kandungan karbon terikat sabut buah nipah.



Gambar 4. Hasil Analisis Kandungan Karbon Terikat Sabut Buah Nipah

Gambar diatas menunjukkan hasil pengujian kandungan karbon terikat sabut buah nipah (250°C, 300°C, 350°C dan 400°C). Hasil analisis suhu 250°C, 300°C, 350°C dan 400°C kandungan karbon terikat masing-masing sebesar 97,61%, 97,82%, 97,79% dan 97,73%. Hasil analisis ini sesuai dengan SNI 06-3730-2021 yaitu diatas 65%. Berdasarkan hasil analisis tersebut, disimpulkan bahwa semakin tinggi suhu karbonisasi maka semakin rendah kandungan karbon terikat.

C. Uji Beberapa Sifat Minyak Jelantah

Beberapa parameter yang digunakan untuk menentukan kualitas dari minyak jelantah yaitu uji densitas, laju alir, bilangan asam dan bilangan penyabunan. Pengujian ini digunakan untuk memebandingkan kualitas dari penjernihan

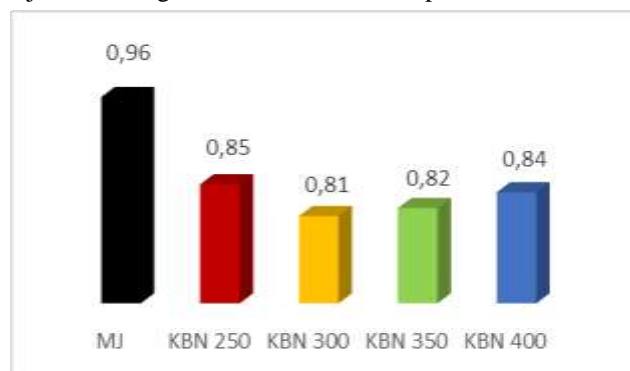
minyak jelantah dengan karbon sabut buah nipah dengan sifat-sifat minyak jelantah.

TABEL 2
SIFAT MINYAK JELANTAH [SNI 01-3741-2022]

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

1. Densitas

Uji densitas minyak jelantah bertujuan untuk mengetahui jumlah suatu zat yang terkandung di dalam suatu volume. Hasil uji densitas dapat ditentukan menggunakan piknometer dengan satuan g/mL. Gambar 5 merupakan hasil dari pengujian penjernihan minyak jelantah menggunakan karbon sabut buah nipah. Gambar 5 merupakan hasil pengujian yang dilakukan pada minyak jelantah dengan karbon sabut buah nipah.



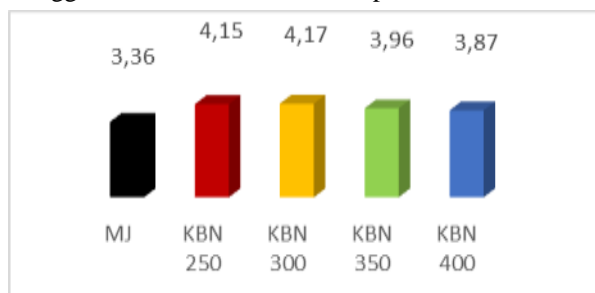
Gambar 5. Densitas Minyak Jelantah

Seperti terlihat pada Gambar 5, bahwa MJ-KBN 300°C memiliki nilai densitas terendah sebesar 0,81 g/mL, MJ-KBN 250°C sebesar 0,85 g/mL, MJ-KBN 350°C sebesar 0,82 g/mL dan MJ-KBN 400°C sebesar 0,84 g/mL. Hal ini sesuai dengan SNI 01-3741-2022. Penurunan nilai densitas ini dikarenakan adsorben dapat menyerap minyak jelantah dengan baik, sehingga pengotor dalam minyak goreng berkurang dan ikatan molekul dalam minyak dapat sangat berkurang [23]. Terlihat juga bahwa terjadi peningkatan nilai densitas yang dipengaruhi oleh temperatur yang digunakan, proses adsorpsi dengan temperatur tinggi dapat menyebabkan peningkatan densitas. Jika terjadi peningkatan densitas minyak, hal ini disebabkan tidak sempurnanya penghilangan pengotor awal dari minyak sehingga densitas minyak dapat meningkat [24].

2. Laju Alir

Salah satu pengujian untuk mengetahui kualitas minyak jelantah adalah viskositas. Viskositas dapat diuji dengan menentukan laju alir minyak jelantah. Viskositas adalah sifat fluida yang menggambarkan seberapa resisten fluida terhadap fluida terhadap gerakan[25]. Berikut ini

merupakan hasil laju alir dari penjernihan minyak jelantah menggunakan karbon sabut buah nipah.

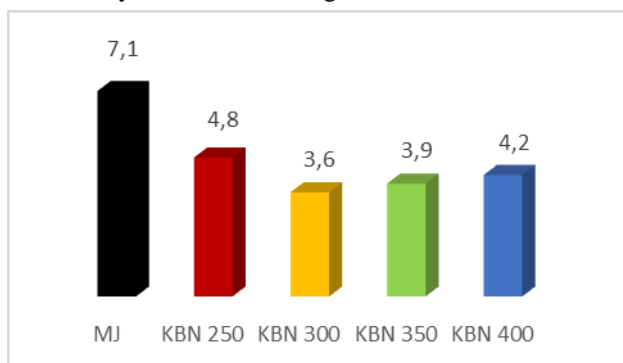


Gambar 6. Laju Alir Minyak Jelantah

Gambar 6 merupakan hasil dari uji laju alir pemurnian minyak jelantah menggunakan karbon sabut buah nipah. Hasil yang diperoleh dengan nilai laju alir tertinggi yaitu pada MJ-KBN 300°C pada sebesar 4,17 mL/s. Viskositas berbanding terbalik dengan laju alir, semakin tinggi laju alir maka semakin rendah viskositas minyak jelantah yang digunakan dan sebaliknya.

3. Bilangan Asam

Bilangan asam dinyatakan sebagai jumlah miligram KOH yang dibutuhkan untuk menetralkan asam lemak bebas yang terdapat dalam 1 g minyak atau lemak[25]. Asam lemak bebas ini dapat terjadinya kerusakan pada minyak akibat hidrolisis trigliserida (lemak). Minyak dengan kualitas tinggi memiliki asam lemak bebas rendah dan bilangan asam rendah. Berdasarkan gambar 7 terlihat bahwa MJ-KBN 300°C memiliki nilai bilangan asam terendah yaitu sebesar 3,6 mg/KOH.



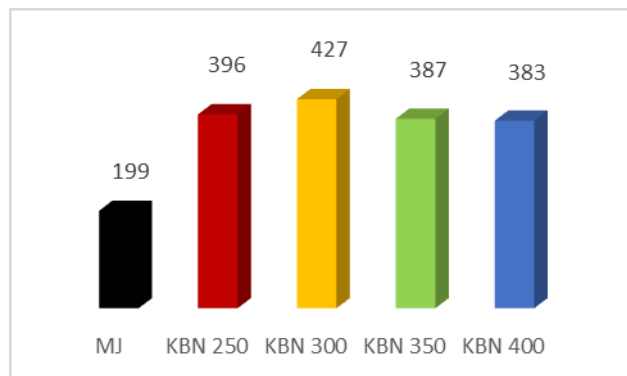
Gambar 7. Bilangan Asam Minyak Jelantah

Nilai kadar asam lemak bebas yang dihasilkan tidak sesuai dengan SNI 01-3741-2022 yaitu maksimal 0,6 mg/KOH. Nilai bilangan asam yang tinggi ini menunjukkan kandungan asam lemak bebas yang tinggi. Dimana trigliserida di dalamnya telah banyak dipecah menjadi asam lemak bebas dengan cara hidrolisis. Hal ini terjadi karena pemanasan pada suhu tinggi dan berulang kali[26].

4. Bilangan Penyabunan

Istilah saponifikasi adalah jumlah miligram KOH yang diperlukan untuk menyabunkan satu gram minyak atau lemak. Bilangan penyabunan yang diperoleh pada

penelitian ini menunjukkan banyaknya asam lemak tak jenuh yang terdapat dalam minyak goreng. Pemanasan minyak akan menyebabkan terbentuknya asam lemak tak jenuh. Semakin lama waktu memasak maka semakin tinggi pula kandungan asam lemak tak jenuh dalam minyak goreng tersebut.. Gambar 8 merupakan hasil pengujian bilangan penyabunan dari proses pemurnian minyak jelantah menggunakan karbon sabut buah nipah.



Gambar 8. Bilangan Penyabunan Minyak Jelantah

Nilai yang diperoleh menunjukkan bahwa MJ-KBN 300°C memiliki angka penyabunan yang tertinggi yaitu sebesar 427 mg/KOH hasil ini tidak sesuai dengan 01-3741-2022, minyak yang baik memiliki nilai penyabunan tidak kurang dari 196 dan tidak boleh lebih dari 206. Karena apabila angka penyabunan yang dimiliki minyak kurang dari 196 maka minyak memiliki berat molekul yang rendah dan apabila angka penyabunan diatas 206 maka minyak memiliki berat molekul yang tinggi[10]. Tingginya nilai bilangan penyabunan yang diperoleh sebanding dengan tingkat kerusakan minyak akibat pemanasan yang lama dan berulang-ulang yang menyebabkan terjadinya oksidasi dan *cracking*[27].

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi suhu karbonisasi maka kadar uap dan kadar abu akan semakin rendah, dan pada saat yang sama kadar karbon terikat akan meningkat dimana hasil penelitian ini sesuai dengan SNI 06-3730-2021. Hasil dari proses pemurnian minyak jelantah diperoleh bilangan asam dan bilangan penyabunan tidak sesuai dengan SNI 01-3741-2022 yaitu dengan nilai bilangan asam 3,6 mg/KOH, bilangan penyabunan 427 mg/KOH, densitas 0,81 g/mL dan laju alir 4,17 mL/s.

UCAPAN TERIMA KASIH

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

REFERENSI

- [1] N. Sagita, H. Aprilia, and A. Arumsari, "Penggunaan Karbon Aktif Tempurung Pala (*Myristica fragrans* Houtt) Sebagai Adsorben untuk Pemurnian Minyak Goreng Bekas Pakai," *Pros. Farm.*, vol. 6, no. 1, pp. 74–80, 2020.
- [2] 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 H₂SO₄," *J. Teknol. Kim. Unimal*, vol. 10, no. 2, p. 26, 2021, doi: 10.29103/jtku.v10i2.4727.
- [3] 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.
- [4] J. Prasetyo, "Studi Pemanfaatan Minyak Jelantah Sebagai Bahan Baku Pembuatan Biodiesel," *J. Ilm. Tek. Kim.*, vol. 2, no. 2, p. 45, 2018, doi: 10.32493/jitk.v2i2.1679.
- [5] D. S. Aisyah, N. P. Ilahi, H. Soleha, and W. Gamayanti, "Pembuatan Sabun Padat dari Minyak Jelantah sebagai Solusi Permasalahan Limbah Rumah Tangga dan Home Industri," *Proc. Uin ...*, vol. 31, no. November, pp. 47–60, 2021, [Online]. Available: <https://proceedings.uinsgd.ac.id/index.php/proceedings/article/view/334>
- [6] Naina Rizki Kenarni, "Pemanfaatan Minyak Jelantah dalam Pembuatan Lilin Aromaterapi," *J. Bina Desa*, vol. 4, no. 3, pp. 343–349, 2022.
- [7] Hamsina, A. Abriana, T. M., and H. T. Paniago, "Karakteristik Fisika Kimia Minyak Jelantah Hasil Pemurnian dengan Menggunakan Adsorben Kitosan dan Arang Aktif Buah Pinus," pp. 1–23, 2016.
- [8] T. Akbar, A. Hendro, E. D. Ferdy, and L. Edward, "Pemurnian Minyak Goreng Bekas dengan Menggunakan Adsorbent Zeolit dan Bleaching Earth," *Indones. J. Halal*, vol. 4, no. 1, pp. 16–24, 2022.
- [9] N. Febrianti, "Pemurnian minyak jelantah dengan memanfaatkan metode fisika menggunakan bentonite dan karbon aktif," vol. 02, pp. 16–23, 2023.
- [10] S. Kamaruzzaman, R. Mutiara Sari, and M. Ulfa, "Regenerasi Minyak Jelantah Dengan Proses Adsorpsi Menggunakan Ampas Nanas (*Ananas comosus*)," *J. Inov. Ramah Lingkung.*, vol. 1, no. 1, pp. 13–17, 2020.
- [11] M. D. Darmawan and A. N. Sholikin, "Pemurnian Minyak Jelantah Menggunakan Karbon Aktif dari Tongkol Jagung," vol. 9041, 2022.
- [12] M. Mardwita, E. S. Yusmartini, M. Rahayu, and E. Elfidiah, "Pemurnian Minyak Jelantah Menggunakan Karbon Aktif Dari Ampas Tebu Dan Aktivator H₂SO₄," *Barometer*, vol. 8, no. 1, pp. 50–57, 2023, doi: 10.35261/barometer.v8i1.7914.
- [13] M. S. M. Rasidi, S. Husseinsyah, and T. P. Leng, "Chemical modification of *nypa fruticans* filled polylactic acid/recycled low-density polyethylene biocomposites," *BioResources*, vol. 9, no. 2, pp. 2033–2050, 2014, doi: 10.15376/biores.9.2.2033-2050.
- [14] S. J. Safariyanti, W. Rahmalia, and Shofiyani, A., "Sintesis dan Karakteristik Karbon Aktif Dari Tempurung Buah Nipah (*Nypa fruticans*) Menggunakan Aktivator Asam Klorida," *J. Kim. Khatulistiwa*, vol. 7, no. 2, pp. 41–46, 2018.
- [15] M. I. S. Gemasih *et al.*, "Calcination for Future Application," *Int. Journals Sci. High Technol.*, vol. 27, no. 1, pp. 202–208, 2021.
- [16] U. Asihita, *Penggunaan Arang Aktif Limbah Kayu Jati sebagai Pengikat Asam Lemak Bebas pada Minyak Jelantah Terhadap Profil Lipid Mencit*. 2017.
- [17] 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.
- [18] 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.
- [19] Nurmalasari, A. Mulyasari, Risna, Surianti, and Diana, "Analisis Proksimat Karbon Aktif Limbah Serat Sagu Teraktivasi KOH," *Cokroaminoto J. Chem. Sci.*, vol. 2, no. 1, pp. 20–22, 2020.
- [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, Melvha 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] R. Dewi, A. Azhari, and I. Nofriadi, "Aktivasi Karbon Dari Kulit Pinang Dengan Menggunakan Aktivator Kimia Koh," *J. Teknol. Kim. Unimal*, vol. 9, no. 2, p. 12, 2021, doi: 10.29103/jtku.v9i2.3351.
- [23] 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.
- [24] 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.
- [25] 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.
- [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.