

BIONANOKOMPOSIT BENTONIT-KITOSAN-TiO₂ UNTUK FOTODEGRADASI MINYAK GORENG BEKAS

F. Khairunnisa¹, S. H. Siregar^{1*}, H. Nasution¹ dan A. R. Ramadhanti²

¹*Program Studi SI Kimia, Fakultas MIPA dan Kesehatan, Universitas Muhammadiyah Riau,
Jln. Tuanku Tambusai Pekanbaru 28294, Indonesia*

²*Departemen Kimia, MIPA, Pascasarjana Universitas Negeri Riau, Pekanbaru, Indonesia*

*Email: srihilma@umri.ac.id

ABSTRAK

Perkembangan rata-rata konsumsi minyak goreng sawit pada tingkat rumah tangga di Indonesia periode 2015–2020 menunjukkan peningkatan sebesar 2,32% per tahun. Minyak jelantah yang telah digunakan berulang kali akan meningkatkan kadar asam lemak bebas (FFA) dan kadar air pada minyak tersebut perlu diturunkan agar memenuhi baku mutu Standar Nasional Indonesia. Pemisahan minyak dari FFA agar memenuhi Standar Nasional Indonesia (SNI) secara umum biasanya dilakukan dengan proses netralisasi, pemisahan dengan membran, dan pemurnian dengan menggunakan adsorben. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kemampuan adsorben terhadap penurunan kadar asam lemak bebas dari minyak goreng bekas. Bentonit-kitosan dan bentonit-kitosan-TiO₂ disintesis kemudian dikarakterisasi dengan FTIR, XRD dan SEM-EDX. Fotodegradasi dilakukan dengan variasi massa 1,3 dan 5 g serta variasi waktu 30, 90 dan 180 menit, selanjutnya dilakukan uji kadar asam lemak bebas. Hasil FTIR menunjukkan gugus fungsi Si-O-Si, -OH, Si-O-Al, -CH₂, -NH₂, dan TiO. Analisis XRD sesuai dengan data standar JCPDS No. 21-1276 dan No. 21-1272. Analisis SEM menghasilkan morfologi lebih jelas, berupa bongkahan yang berukuran tidak merata, halus dan berlapis. Uji kadar asam lemak bebas didapat hasil terbaik pada variasi massa 1 g dengan waktu 90 menit sebesar 9,51 %.

Kata kunci: asam lemak bebas, bentonit, fotodegradasi, kitosan, TiO₂.

ABSTRACT

The average development of palm cooking oil consumption at the household level in Indonesia for the 2015–2020 period shows an increase of 2.32% per year. Used cooking oil applied repeatedly will increase the level of free fatty acids (FFA), and the water content of the oil needs to be reduced to meet the quality standards of the Indonesian National Standard. Separating oil from FFA to meet the Indonesian National Standards (SNI) is generally carried out using a neutralization process, separation with a membrane, and purification using adsorbents. This research aimed to determine the ability of adsorbents to reduce free fatty acid levels from used cooking oil. Bentonite-chitosan and bentonite-chitosan-TiO₂ were synthesized and then analyzed using FTIR, XRD, and SEM-EDX. Photodegradation was carried out with variations of adsorbent mass of 1.3 and 5g and time variations of 30, 90, and 180 minutes, and then free fatty acid levels were tested. The FTIR results showed the functional groups Si-O-Si, -OH, Si-O-Al, -CH₂, -NH₂, and TiO. The XRD analysis met the JCPDS standard data No. 21-1276 and No. 21-1272. SEM analysis resulted in a clearer morphology, such as chunks that were uneven in size, smooth, and layered. The free fatty acid content obtained the best results of 9.51% at the adsorbent mass of 1 g with a time of 90 minutes

Keywords: bentonite, Chitosan, free fatty acids, photodegradation, TiO₂.

PENDAHULUAN

Perkembangan rata-rata konsumsi minyak goreng sawit pada tingkat rumah tangga di Indonesia periode 2015–2020 menunjukkan peningkatan sebesar 2,32% per tahun. Walaupun terjadi kenaikan konsumsi minyak goreng, akan tetapi produksi minyak goreng masih mampu memenuhi kebutuhan konsumsi tersebut (Rahayu,2022). Minyak jelantah yang

telah digunakan berulang kali akan meningkatkan kadar asam lemak bebas (*Free Fatty Acid*, FFA) dan bilangan peroksida di dalam minyak tersebut, sehingga kadar FFA, bilangan peroksida, dan kadar air pada minyak tersebut perlu diturunkan agar memenuhi baku mutu Standar Nasional Indonesia (SNI). Pemisahan minyak dari FFA agar memenuhi Standar Nasional Indonesia (SNI) secara umum biasanya dilakukan dengan proses netralisasi,

pemisahan dengan membran, dan pemurnian dengan menggunakan adsorben (Suarsa dkk.,2022).

Fotodegradasi merupakan prosedur hemat biaya dikarenakan terbilang murah bila menggunakan adsorben yang berasal dari alam hemat biaya dan sederhana. Salah satunya adsorben yang dapat dimanfaatkan adalah bentonit aktif (*activated bentonite*) untuk mengolah minyak nabati bekas (*edible oil*).Bentonit berfungsi sebagai penyerap kotoran yang ada pada minyak goreng bekas, karena bentonit mempunyai struktur kristal yang spesifik (berongga), minyak jelantah bakal menjadi bening karena asam lemak bebas bakal diserap oleh bentonit. Dengan cara ini, minyak jelantah bisa dipakai ulang. Tingginya angka asam suatu minyak jelantah menunjukkan buruknya kualitas dari minyak jelantah tersebut, sehingga minyak jelantah yang dibuang sebagai limbah akan mengganggu lingkungan dan menyumbat saluran air (Waluyo dkk.,2020).

Minyak jelantah, atau minyak goreng bekas, terdiri dari berbagai senyawa organik yang dapat diuraikan oleh energi cahaya menjadi komponen yang lebih sederhana. Fotodegradasi dapat membantu mengurangi volume limbah minyak jelantah dengan mengurainya menjadi komponen yang lebih sederhana. Minyak jelantah menyerap cahaya UV yang cukup kuat untuk memutus ikatan kimia dalam molekul lemak dan senyawa organik lainnya yang ada dalam minyak. Energi dari cahaya UV memicu reaksi fotokimia yang menyebabkan molekul dalam minyak terurai. Ini dapat melibatkan pemutusan ikatan C-H, C-C, dan ikatan lainnya (Rameshaiah dkk.,2022).

Bentonit yang diaktivasi dengan menggunakan asam, seperti asam sulfat dapat meningkatkan kapasitas adsorpsinya. Proses aktivasi dengan asam dapat mengubah struktur bentonit sehingga lebih efektif dalam mengadsorpsi senyawa organik dari minyak jelantah. Penggunaan bentonit dalam proses fotodegradasi minyak jelantah memberikan alternatif yang lebih ramah lingkungan dan efisien dalam pengolahan limbah minyak. Selain itu, metode ini juga mendukung produksi biodiesel yang lebih berkualitas tinggi, mengurangi dampak negatif dari pembuangan minyak jelantah ke lingkungan (Naeem dkk., 2022).

Pada penelitian (Erlita dkk.,2022) menyatakan penggunaan KOH dan bentonit dalam proses *treatment* untuk menjernihkan

minyak jelantah sangat efektif dalam menurunkan kadar asam lemak bebas sebesar 58% dan angka peroksida sebesar 47,6%. Tingginya angka asam suatu minyak jelantah menunjukkan buruknya kualitas dari minyak jelantah tersebut, sehingga minyak jelantah yang dibuang sebagai limbah akan mengganggu lingkungan dan menyumbat saluran air (Waluyo dkk.,2020).

TiO₂ memiliki area permukaan yang besar yang memungkinkan untuk digabungkan dengan bahan lain tanpa menghalangi pori-pori bahan tersebut. Memodifikasi bentonit dengan TiO₂ akan meningkatkan kemampuan mendegradasi. Senyawa organik dalam minyak jelantah akan tereduksi menjadi senyawa ester dengan fotokatalisator titanium dioksida sehingga dapat meningkatkan nilai manfaatnya (Syafitri dkk. ,2021). Proses Fotodegradasi lebih banyak dipakai dalam industri karena lebih ekonomis dan tidak menimbulkan efek samping yang beracun, salah satunya adalah penggunaan adsorben yang mengandung polimer alam seperti kitosan (Bukit dkk.,2020). Kitosan banyak dimanfaatkan sebagai adsorben, hal ini dikarenakan kitosan memiliki gugus amina dan hidroksil, yang menyebabkan kitosan memiliki reaktifitas kimia yang tinggi yang berperan sebagai penukar ion. Kitosan merupakan biopolimer yang efektif digunakan sebagai adsorben logam berat karena sifatnya yang tidak beracun, memiliki kekuatan mekanik yang tinggi, biokompatibilitas, biodegradabilitas dan biofungsionalitas (Suprihatin dkk.,2021).

Pada penelitian ini ingin mensintesis bentonit-kitosan-TiO₂ sebagai komposit untuk mendegradasi minyak goreng bekas dimana TiO₂ dapat mereduksi senyawa organik dalam minyak jelantah menjadi senyawa ester (Syafitri,2021). Kitosan banyak dimanfaatkan sebagai adsorben, dikarenakan kitosan memiliki gugus amina dan hidroksil, yang menyebabkan kitosan memiliki reaktifitas kimia yang tinggi yang berperan sebagai penukar ion. (Budiman,2020). Bentonit berfungsi sebagai penyerap kotoran yang ada pada minyak goreng bekas, karena bentonit mempunyai struktur kristal yang spesifik (Waluyo dkk.,2022) Riset ini diharapkan dapat menghasilkan material Bentonit-Kitosan-TiO₂ yang dapat mengurangi dampak pencemaran lingkungan yang diakibatkan oleh limbah minyak goreng bekas dan penelitian ini juga

berharap minyak goreng bekas tersebut dapat dimanfaatkan kembali.

MATERI DAN METODE

Bahan

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah minyak goreng bekas, bentonit teraktivasi, Titanium Dioksida (TiO₂), Kitosan, akuades, asam asetat, etanol, N-Heksan, indikator PP, dan asam oksalat.

Peralatan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah alat-alat gelas kimia pendukung analisis, batang pengaduk, buret, statif dan klem, *hot plate*, *magnetic stirrer*, oven, kertas saring, cawan petri, timbangan analitik, lampu UV, FTIR, *X-Ray diffraction* (XRD), *Scanning Electron Microscope-Energy Dispersive X-Ray* (SEM-EDX), *stopwatch*, dan alat pelindung diri (APD).

Cara Kerja

Sintesis Bentonit-Kitosan

Bentonit-Kitosan dibuat sebagai berikut: larutan kitosan dibuat dengan melarutkan 0,25 g bubuk kitosan dalam 25 mL asam asetat 5% (v/v) dan diaduk pada suhu ruang selama 4 jam. Selain itu, suspensi bentonit dibuat dengan mendispersikan 1,0 g bubuk bentonit dalam 75 mL akuades dan distirer selama 30 menit. Larutan kitosan kemudian secara perlahan ditambahkan ke dalam suspensi bentonit pada suhu 60°C dan diaduk selama 24 jam. Nanokomposit akhir kemudian dicuci dengan akuades hingga mencapai pH netral. Produk yang diperoleh dikeringkan pada suhu 70°C untuk mencapai bubuk bentonit termodifikasi (Saleh dkk.,2021). Kemudian dilakukan uji karakterisasi FTIR dan XRD.

Sintesis Bentonit-Kitosan-TiO₂

Bentonit-kitosan 2 g dilarutkan dalam 200 mL akuades dan diaduk pada suhu ruang selama 90 menit. Secara bersamaan, 1 gram TiO₂ didispersikan dalam 100 mL akuades kemudian diaduk dan ditambahkan ke suspensi bentonit-kitosan diikuti dengan pemanasan pada 100°C selama 24 jam dengan pengadukan terus menerus. Produk akhir (Bentonit-Kitosan-TiO₂) dipisahkan dari cairan dan dikeringkan pada suhu 100°C selama 24 jam (Saleh

dkk.,2021). Kemudian dilakukan uji karakterisasi FTIR, XRD dan SEM-EDX.

Fotodegradasi Bentonit-Kitosan-TiO₂

Sebanyak 9 buah gelas beker 250 mL masing-masing diisi 200 mL sampel minyak goreng bekas dengan massa bentonit-kitosan-TiO₂ sebanyak 1, 5 dan 10 gram diiradiasi dengan fotoreaktor pada suhu 100°C dengan variasi waktu 30, 90 dan 180 menit sambil diaduk dengan pengaduk magnetik selanjutnya dilakukan penyaringan (Suprihatin,2021 dan Fathanah,2022).

Uji Parameter (Asam Lemak Bebas/ALB)

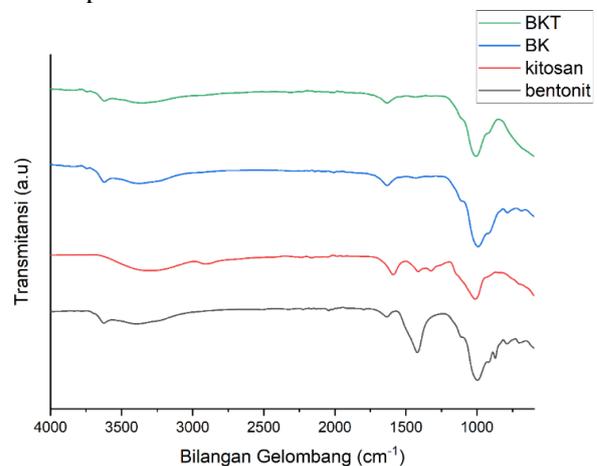
Sampel minyak goreng bekas ditimbang pada neraca analitik sebanyak 5 g yang dimasukkan ke dalam erlenmeyer, ditambahkan 15 mL etanol dan ditambahkan 10 mL N-Heksan, serta 2-5 tetes indikator PP. Lalu dititrasi dengan NaOH 0,01 N sampai muncul warna merah muda dan tidak hilang lagi saat diaduk. Dicatat volume NaOH yang terpakai

$$\% FFA = \frac{\text{Volume NaOH} \times N \text{ NaOH} \times 25,6}{\text{Berat Sampel}}$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data FTIR (*Fourier Transform Infra-Red*)

Hasil karakterisasi FTIR pada material Bentonit-Kitosan-TiO₂ dapat dilihat pada Gambar 1. Spektra yang dihasilkan dari bentonit didapatkan serapan khas pada bilangan gelombang 1437,63 cm⁻¹ dan 1036,47 cm. Pada bilangan gelombang 1437,63 cm⁻¹ merupakan vibrasi ulur Si-O-Al dan 1036,47 cm merupakan vibrasi ulur Si-O-Si.



Gambar 1. Grafik Hasil FTIR

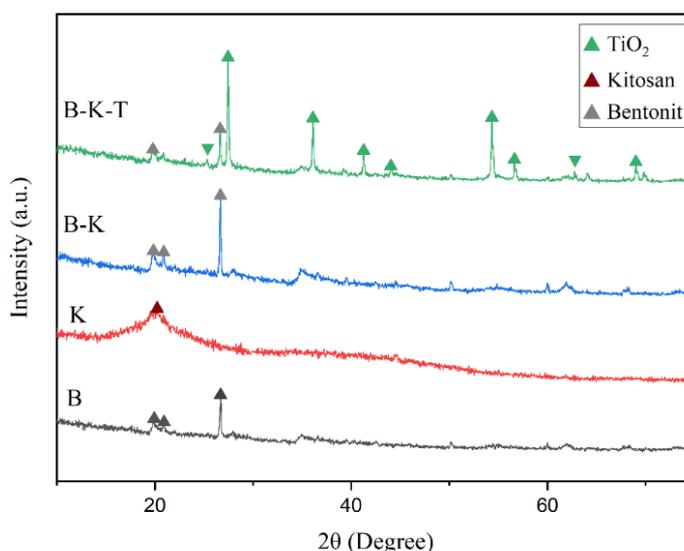
Bilangan gelombang 1634,36 cm merupakan vibrasi tekuk OH dari molekul air. Bilangan gelombang 469,43 cm merupakan vibrasi tekuk dari Si-O-Si dan 519,58 cm merupakan vibrasi tekuk dari Si-O-Al.

Pada spektra FTIR dari Bentonit-Kitosan-TiO₂. Spektra yang didapatkan dari Bentonit-kitosan-TiO₂ didapatkan munculnya spektra baru pada bilangan gelombang 2874.50

cm⁻¹ yang merupakan gugus fungsi khas kitosan yaitu -CH₂ dan 1595.78 cm yang merupakan gugus fungsi dari -NH₂ dan masih terdapatnya spektra khas bentonit dan TiO₂ pada spektra tersebut.

Data XRD (X-Ray Diffraction)

Hasil karakterisasi XRD pada material Bentonit-Kitosan-TiO₂ dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Grafik Hasil XRD

Gambar 2 menunjukkan hasil XRD bentonit yang memiliki puncak-puncak 2θ sebesar 19.91; 20.93 ; 26.67° dengan *basal spacing* nya yaitu 4.45 ; 4.24 dan 3.33 Å, mirip dengan penelitian Rifai dan Nugraha (2013), spektra XRD bentonit alam memiliki pita serapan mineral bentonit yang khas, yaitu terlihat pita serapan yang khas pada 2θ sebesar 6.1 ; 20.24 dan 26.93° dan jarak bidang berturut-turut adalah 14.47 ; 4.38 dan 3.31 Å.

Pada Gambar 2, puncak kitosan yang berada pada sudut 2θ sebesar 20.22° dengan *d spacing* 4.38 Å. Parameter utama yang menentukan sifat kitosan selain berat molekul dan derajat deasetilasi adalah kristalinitas. Kitosan bersifat kristalin dan memperlihatkan *polimorfisme* tergantung pada keadaan fisiknya. Difraktogram kitosan juga memperlihatkan puncak-puncak di sekitar $2\theta = 10^\circ$ dan 20° yang merupakan puncak-puncak karakteristik kitosan. Pada difraktogram kitosan, puncak di $2\theta = 10^\circ$ dan 20° lebih lebar dibandingkan pada kitin menunjukkan bahwa kitosan lebih amorf

atau kurang bersifat kristalin dibandingkan dengan kitin.

Spektra XRD pada bentonit-kitosan juga memiliki pita serapan senyawa bentonit yang khas, yaitu pada 2θ sebesar 19.83 ; 20.89 dan 26.67° dimana dengan jarak bidangnya sebesar 4.47 ; 4.24 dan 3.33 Å. Spektra XRD untuk bentonit-kitosan memberikan hasil pergeseran, jarak antar bidang pada bentonit yang berbeda dengan jarak antar bidang pada bentonit-kitosan karena kitosan telah bereaksi dengan bentonit sehingga terjadi perubahan pada luas jarak bidang dari mineral bentonit sebesar 4.45 Å menjadi 4.47 Å ; 4.24 Å menjadi 4.24 Å dan 3.38 Å menjadi 3.33 Å. Perubahan luas jarak bidang menjadi lebih besar pada mineral bentonit yang dimodifikasi oleh kitosan menunjukkan bahwa terjadi kontak pada lapisan mineral bentonit sehingga terjadi perluasan jarak bidang pada bentonit- kitosan.

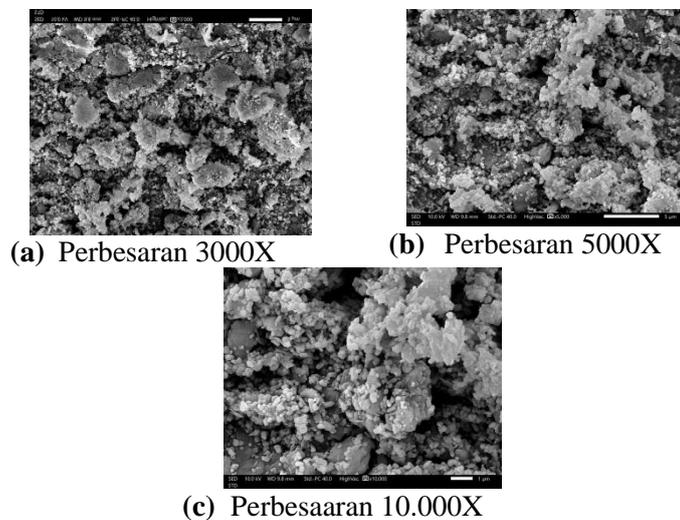
Identifikasi masuknya TiO₂ ke dalam bentonit-kitosan juga dapat dilihat dari sudut 2θ pada difraktogram tersebut. Puncak serapan

pada bentonit-kitosan-TiO₂ memiliki puncak serapan yang berbeda yaitu terdapat puncak baru pada 2θ sebesar 27.45°. Puncak-puncak difraksi rutile munculnya puncak pada 2θ sebesar 27.45 ; 36.08 ; 41.25 ; 44.03 ; 54.33 dan 56.64° sesuai dengan data standar JCPDS No. 21-1276. Dan puncak *anatase* berada pada puncak 2θ sebesar 25.29 ; 62.73 dan 68.99° sesuai dengan data standar JCPDS No. 21-1272. Refleksi pada 2θ tersebut menunjukkan fase kristal yang terdapat dalam komposit bentonit-kitosan-TiO₂ adalah fase *rutile* dan fase *anatase*. Hal ini menunjukkan bahwa pembentukan komposit bentonit-kitosan-TiO₂

tidak merubah kristalinitas bentonit secara signifikan, artinya tidak terlalu berpengaruh untuk mengurangi aktivitas fotokatalisnya. Maka, TiO₂ memiliki efisiensi fotokatalitik yang tinggi yang mana dapat mengurangi senyawa kompleks dalam minyak goreng menjadi senyawa yang lebih sederhana.

SEM-EDX (*Electron Microscope-Energy Dispersive X-Ray*)

Hasil karakterisasi SEM-EDX pada Bentonit-Kitosan-TiO₂ dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Hasil Karakterisasi SEM-EDX Bentonit-Kitosan-TiO₂

Dari hasil SEM Gambar 3. terlihat bahwa komposit Bentonit-Kitosan-TiO₂ pada perbesaran 3.000 X berbentuk pecahan batu dengan ukuran tidak seragam dan tidak beraturan. Pada hasil SEM perbesaran 5.000 X dan 10.000 X memiliki morfologi lebih jelas seperti bongkahan yang berukuran tidak merata, halus dan berlapis. Pada penelitian (Saleh dkk.,

2021), Gambar FESEM dari nanopartikel TiO₂ mengkonfirmasi homogenitas partikel bulat dan halus. Setelah pemuatan TiO₂, lempeng BT/CS menggumpal menjadi bentuk yang tidak rata dan bergerigi. Hasil karakterisasi SEM-EDX pada material Bentonit-Kitosan-TiO₂ dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Karakterisasi SEM-EDX Bentonit-Kitosan-TiO₂

Elemen	Massa %	Atom %
C	2,15	4,94
O	30,94	53,30
Al	1,62	1,66
Si	6,25	6,14
Ti	59,03	33,97
Total	100,00	100,00

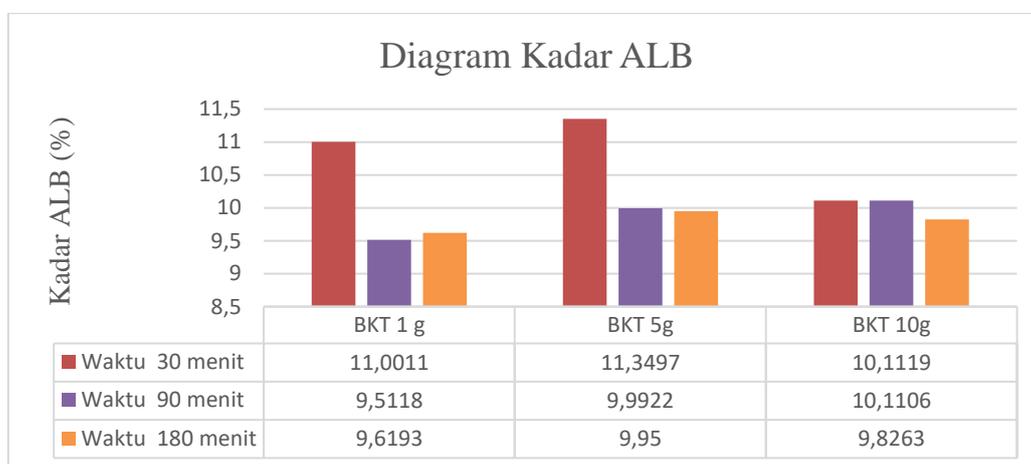
Kadar Asam Lemak Bebas

Hasil uji kadar asam lemak bebas setelah fotodegradasi menggunakan fotoreaktor dengan material Bentonit-Kitosan-TiO₂, dapat dilihat pada Gambar 4.

Pemanasan minyak pada proses penggorengan akan mengubah kandungan ALB. Proses penggorengan dapat mengakibatkan pembentukan uap air sehingga menunjang proses hidrolisis minyak yang menghasilkan ALB (Atika, 2018). Hal ini dikarenakan tingginya asam lemak bebas dapat mempengaruhi cita rasa dan bau pada minyak sehingga menyebabkan penurunan kualitas dari minyak tersebut. Semakin tinggi nilai ALB maka semakin banyak asam lemak bebas yang terdapat dalam minyak tersebut, sehingga asam

lemak bebas tersebut akan mempengaruhi sifat kimia, sifat fisik dan stabilitas minyak selama proses penggorengan (Oko dkk.,2020).

Pada penelitian ini sebelum dilakukan pengolahan minyak goreng bekas secara fotodegradasi dengan bentonit-kitosan-TiO₂, dilakukan analisa awal ALB pada minyak goreng bekas yang belum diolah, tujuannya untuk melihat kadar ALB awal minyak goreng jelantah sebelum dilakukan pengolahan. Adapun minyak goreng yang digunakan berasal dari sisa penggorengan akhir penjual batagor pinggir jalan tepatnya di Jalan Paus kota Pekanbaru, Provinsi Riau. Hasil pengujian minyak jelantah tersebut menunjukkan kadar ALB sebesar 11.83 %.



Gambar 4. Kadar ALB Minyak Goreng Mentah

Kadar ALB minyak goreng setelah dilakukannya fotodegradasi dengan variasi massa 1 gram, 5 gram dan 10 gram dengan masing-masing variasi waktu 30 menit, 90 menit dan 180 menit mengalami penurunan kadar ALB yang tidak signifikan. Variasi massa 1 gram dengan waktu 30 menit ke waktu 90 menit mengalami penurunan dari 11.01 % menjadi 9.51 %. Massa 5 gram dengan waktu 30 menit dan 180 menit mengalami penurunan juga dari 11.34 % menjadi 9.95 %. Dan massa 10 gram dengan waktu 30 menit, 90 menit dan 180 menit mengalami penurunan yang tidak begitu signifikan sebesar dari 10.11% turun menjadi 10.11 % dan turun lagi menjadi 9.82 %. Hal ini disebabkan oleh semakin lama waktu degradasi maka waktu kontak antara adsorben dan minyak jelantah semakin besar sehingga penyerapan ALB berlangsung lebih optimal (Oko dkk.,2020). Tetapi pada massa 1 gram

dengan waktu 90 menit ke 180 menit mengalami peningkatan kadar asam lemak bebas, hal ini disebabkan karena kapasitas adsorben menurun dengan bertambahnya waktu degradasi. Kejenuhan adsorben disebabkan pori-pori adsorben penuh berisikan oleh radikal asam lemak bebas, alhasil adsorben tidak bisa mendegradasi kembali sisa dari radikal asam lemak bebas, dan akhirnya konsentrasi minyak naik lagi.

Pada penelitian ini untuk perbandingan antar waktu, yaitu 30 menit dengan massa 5 gram dan 10 gram mengalami penurunan kadar ALB sebesar 11.34 % menjadi 10.11 %. Penentuan massa optimum adsorben ditentukan berdasarkan nilai efisiensi penjerapan dan penurunan kadar ALBnya. Efisiensi penjerapan akan meningkat seiring dengan bertambahnya massa adsorben, karena semakin banyak massa adsorben maka pori-pori aktif untuk

menjerapan adsorbat juga akan semakin bertambah (Suarsa dkk.,2022). Dan pada waktu 90 menit dengan massa 1 gram, 5 gram dan 10 gram mengalami peningkatan kadar ALB sebesar 9.51 % menjadi 9.99% dan meningkat lagi menjadi 10.11 %. Terjadinya kenaikan kadar ALB yang disebabkan oleh semakin banyak adsorben yang ditambahkan maka semakin kecil perbedaan konsentrasi antara adsorben dan fase cairnya (minyak hasil adsorpsi) sehingga *driving force* semakin kecil dan menyebabkan ALB yang dapat berpindah dari minyak ke adsorben semakin kecil (Oko dkk.,2020).

Variasi massa dan waktu terbaik terdapat pada massa 1 gram dengan waktu 90 menit yaitu sebesar 9.51 %. Meskipun adsorben tersebut terdegradasi dari kontrol, namun ketika penambahan material TiO₂ penurunan kadar ALB nya tidak mengalami penurunan yang signifikan. Karena TiO₂ tidak memiliki sifat kimia atau interaksi yang relevan untuk secara langsung mempengaruhi kadar asam lemak bebas dalam minyak goreng. Nilai kadar ALB ini masih belum memenuhi standar SNI-7709-2019 minyak goreng sawit.

SIMPULAN

Analisis menggunakan FTIR didapat gugus fungsi Si-O-Si, -OH, Si-O-Al, -CH₂, -NH₂, dan TiO. Analisis XRD sesuai dengan data standar JCPDS No. 21-1276 dan data standar JCPDS No. 21-1272. Analisis SEM memiliki morfologi lebih jelas seperti bongkahan yang berukuran tidak merata, halus dan berlapis. Uji kadar asam lemak bebas didapat hasil terbaik pada variasi massa 1 gram dengan waktu 90 menit sebesar 9.51 %. Hal ini menunjukkan penurunan kadar asam lemak bebas belum memenuhi standar SNI-7709-2019 minyak goreng sawit.

DAFTAR PUSTAKA

- Atikah. 2018. Peningkatan mutu minyak goreng bekas dengan proses adsorpsi menggunakan Ca bentonit. *Distilasi*. 3(2):22–32.
- Budiman, F.A. dan Pujianto, T. 2020. Pengaruh Penambahan Kitosan Dan Kuersetin Terhadap Kadar Free Fatty Acid (FFA) Soto Daging. *Jurnal Ilmu Kesehatan*. 11(2):296–305.
- Bukit, B.F. dan Sirait, S.H. 2020. Serta Titanium Dioksida Menggunakan FTIR. *Juitech*. 4(2): 49–53.
- Erlita, D., Puspitasari, A. dan Pratama, A.R. 2022. Inovasi Penjernihan Minyak Goreng Bekas dengan Alat Purification Oil. *Jurnal Ilmiah Universitas Batanghari Jambi*. 22(2):892.
- Fathanah, U. dan Lubis, M.R. 2022. Pemanfaatan Kulit Jagung sebagai Bioadsorben untuk Meregenerasi Minyak Goreng Bekas. *Jurnal Serambi Engineering*. 7(1):2709–2715.
- Hidayat, J.P., Hariyadi, A., Chosta, F. 2022. Bentonite and RHA Adsorption Performance Against Characteristics Waste- Cooking Oil. *J. Sains dan Teknologi Pangan (JSTP)*. 5600–5614.
- Mardiana, M. dan Santoso, T. 2020. Purifikasi Minyak Goreng Bekas Dengan Proses Adsorpsi Menggunakan Arang Kulit Kacang Tanah (*Arachis hypogaea L.*). *Media Eksakta*. 16(1): 49–56.
- Naeem, A., Zaman, S., Farooq, M. 2022. Biodiesel production from waste cooking oil employing natural bentonite supported heterogeneous catalyst: Waste to biodiesel. *Korean J. Chem*. 39: 1450–1459.
- Oko,S., Mustafa., Kurniawan,A., dan Muslimin, N.A. 2020. Pemurnian minyak jelantah dengan metode adsorpsi menggunakan arang aktif dari serbuk gergaji kayu ulin (*eusideroxylon zwageri*). *Jurnal Riset Teknologi Industri*. 14(2):124-132.
- Rahayu, R.N. 2022. Kenaikan harga minyak goreng kelapa sawit di Indonesia sebuah analisis berita kompas on line. *Intelektiva*. 3(8):26–37.
- Rahman, N.A., Pardede, E.P., dan Mularen, A. 2022. Pemurnian Minyak Jelantah Menggunakan Adsorben Berbasis Cangkang Telur. *Prosiding SENIATI*. 6(4):785–793.
- Rameshaiah, N.G., Rajesh, K., Jyothi, B., Deepika, V dan Prasanna, T. 2022. Activated bentonite clay-based dry-wash purification of waste cooking oil biodiesel in comparison with a wet washing process. *Biomass Conv. Bioref*. 14: 5135–5147.
- Rifai, M. dan Nugraha, I. 2013. Kajian Adsorpsi Linear Alkyl Benzene Sulphonate (Las)

- Dengan Bentonit-Kitosan. *Jurnal Molekul*. 8(2):186–196.
- Safitri, R.E. And Hayaati, R.S.R. 2021. Pengolahan Minyak Jelantah Menggunakan Membran Poliamida/Titanium Dioksida/Arang Aktif Kulit Durian', *Jurnal Riset Kimia*, Vol. 12(2), Pp. 132-142.
- Saleh, S., Mohammadnejad, S., Khorgoei, H., dan Otadi, M. 2021. Photooxidation/adsorption of arsenic (III) in aqueous solution over bentonite/chitosan/TiO₂ heterostructured catalyst. *Jurnal Chemosphere*. 280:130583.
- Siregar, S.H., Prasetya., Noramizawati., Marlian dan Ramadhanti, A.R. 2023. Titanium Dioxide (TiO₂) Modified Bentonite for Photodegradation of Methylene Blue. *Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi*. 26(04):143-150.
- Suarsa, I.W., Simpen, I.N., dan Prayani, M.W. 2022. Adsorpsi asam lemak bebas pada minyak jelantah dengan tio₂/zeolit alam. *Jurnal Kimia*. 16(2):189-197.
- Suprihatin, I.E., Murdani, N.D., dan Suarsa, I.W. 2021. Bentonit-Fe₃O₄ Sebagai Fotokatalis Dalam Proses Fotodegradasi Naphthol Blue Black Dengan Iradiasi Uv. *Jurnal Kimia*. 15(1):59–66.
- Waluyo, U., Ramadhani, A., Suryadinata, A., dan Cundari, L. 2020. Review: penjernihan minyak goreng bekas menggunakan berbagai jenis adsorben alami. *Jurnal Teknik Kimia*. 26(2):70–79.