



**PEMANFAATAN LIMBAH TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT SEBAGAI  
ADSORBEN UNTUK MENURUNKAN KADAR FFA PADA MINYAK  
MENTAH KELAPA SAWIT (*CRUDE PALM OIL*)**

**Chairunnisa<sup>1</sup>, Meriatna<sup>1\*</sup>, Suryati<sup>1</sup>, Leni Maulinda<sup>1</sup>, Zulmiardi<sup>2</sup>, Fikri Hasfita<sup>1</sup>**

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Malikussaleh  
Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Malikussaleh  
Kampus Utama Cot Teungku Nie Reuleut, Muara Batu, Aceh Utara – 24355  
Korespondensi: HP: 08126563565, e-mail: meriatna@unimal.ac.id

**Abstrak**

Minyak kelapa sawit mentah dikenal atau CPO (*Crude Palm Oil*) mengandung sejumlah komponen-komponen diantaranya asam lemak bebas. Tingginya kandungan asam lemak bebas sangat mempengaruhi tingkat kualitas dari minyak sawit tersebut, sehingga asam lemak bebas tersebut harus diturunkan. Salah satu pemurniannya adalah dengan adsorpsi, yaitu dengan menambahkan adsorben pada CPO tersebut. Penelitian ini menggunakan adsorben tandan kosong kelapa sawit. Variabel yang digunakan pada penelitian ini adalah massa adsorben 0,6 gr, 0,8 gr, 1 gr dan 1,2 gram dan waktu kontak yang digunakan 30 menit, 60 menit, 90 menit, 120 menit, 150 menit, 180 menit dan 210 menit. Penelitian ini bertujuan untuk menguji efektifitas TKKS sebagai adsorben untuk menyerap asam lemak bebas pada CPO. Hasil terbaik diperoleh pada adsorben 1,2 gram dengan persen penyerapan penurunan FFA sebesar 60,29% dengan waktu 150 menit adalah waktu optimum untuk adsorpsi FFA pada adsorben tandan kosong kelapa sawit. Kadar air terendah 0,18%. Model isoterm Langmuir paling baik menggambarkan pisan adsorbat yang mengindikasikan proses adsorpsi berlangsung secara monolayer dengan nilai  $R^2$  0,9833, sedangkan model Pseudo Second order adalah model kinetika yang paling baik menggambarkan kinetika adsorpsi dari kandungan asam lemak bebas pada Crude Palm Oil (CPO) dengan koefisien korelasi ( $R^2$ ) dalam rentang 0,9464-0,9820.

**ata kunci** : Adsorben, Adsorpsi, Asam Lemak Bebas, Crude Palm Oil, FTIR, Langmuir, Pseudo Second Order dan TKKS

DOI: <https://doi.org/10.29103/cejs.v4i6.4587s>

**1. Pendahuluan**

Minyak kelapa sawit mentah merupakan adalah minyak yang diperoleh dengan teknik ekstraksi buah sawit. Minyak kelapa sawit mentah masih mengandung kotoran dalam minyak baik terlarut maupun tidak terlarut. Kualitas minyak mentah kelapa sawit (CPO) dapat ditingkatkan dengan menghilangkan pengotor-pengotor yang terkandung

pada minyak kelapa sawit mentah. Standar mutu minyak kelapa sawit salah satunya yaitu kandungan asam lemak bebas. (Ifa et al., 2018).

Minyak kelapa sawit mentah yang memiliki kualitas baik dapat dilihat pada kadar ALB yang terkandung didalamnya. Secara umum kandungan ALB pada CPO terbentuk karena reaksi oksidasi dan hidrolisis yang disebabkan beberapa faktor yaitu keasaman, pemanasan, kandungan air dan adanya aktivitas enzim (Ketaren, 2012)

Salah satu teknik untuk menurunkan kandungan ALB adalah menggunakan metode adsorpsi dengan adsorben tertentu. Penelitian ini memanfaatkan limbah yang diperoleh dari pabrik pengolahan kelapa sawit yaitu tandan kosong kelapa sawit (TKKS) yang akan dimanfaatkan sebagai adsorben. TKKS berpotensi dalam pengembangan sebagai bahan dasar adsorben. Kandungan lignoselulosa sebesar 55 hingga 60% dapat di karbonisasi dan diaktivasi menjadi adsorben (Nida et al, 2017). Lignoselulosa merupakan komponen utama penyusun TKKS yang memiliki kemampuan mengadsorpsi dikarenakan kandungan gugus aktif antara lain  $-COOH$  dan  $-OH$ . (Syahwandi et al., 2019). Material yang mengandung lignoselulosa dapat dijadikan prekursor pembuatan karbon aktif dengan cara memodifikasi gugus fungsi pada lignoselulosa maka keefektifitas adsorpsi dari adsorben akan meningkat (Kurniawan, 2015).

Pada penelitian sebelumnya mengenai adsorpsi asam lemak bebas dengan adsorben abu boiler dilakukan oleh (Meriatna et al, 2020) menghasilkan Tingkat kapasitas adsorpsi paling tinggi dengan besar 503,5 mg/gr. Dan kandungan ALB terendah diperoleh 0,31% dari ALB awal 0,82%. Pada waktu optimum 3 jam dan suhu 120°C. Oleh karena itu, melihat dari segi permasalahan yang terjadi dan keterkaitannya dengan metode adsorpsi maka perlu adanya tindakan lebih lanjut. Penelitian ini bertujuan untuk menguji efektifitas dan kondisi terbaik dari adsorben TKKS yang diaktivasi kimia dalam menurunkan kandungan ALB pada CPO, meninjau mekanisme adsorpsi melalui pendekatan isoterms adsorpsi Langmuir dan Freundlich serta meninjau kinetika adsorpsi melalui beberapa model yaitu *Pseudo First Order*, *Pseudo Second Order* dan *Difusi Interpartikel* serta menganalisis gugus fungsi Spektrum IR yang terdapat pada adsorben TKKS.

## 2. Bahan dan Metode

Bahan baku pada penelitian berupa TKKS dan CPO yang diperoleh dari PT. Syaukath Sejahtera Kabupaten Bireun. Bahan lain adalah Aquadest, Indikator PP, NaOH 0,1 N, HCl 0,01 N. Penelitian ini terdiri dari tiga tahap yaitu proses preparasi sampel tandan kosong kelapa sawit, proses aktivasi kimia dan proses adsorpsi. Pengujian pada penelitian ini dilakukan dengan uji asam lemak bebas, uji kadar air dan penentuan gugus fungsi pada adsorben tandan kosong kelapa sawit. Variasi percobaan dilakukan terhadap campuran CPO dan adsorben pada temperatur operasi 120°C dengan tekanan konstan

Preparasi sampel tandan kosong kelapa sawit dilakukan melalui teknik pengaktifan fisika. Sampel tandan kosong kelapa sawit di *furnace* dengan suhu 400°C selama 4 jam lalu dilakukan pengayakan dengan ukuran 80 mesh hingga ukurannya seragam. Proses Aktivasi kimia dilakukan dengan merendam campuran adsorben dengan HCl 0,01 N selama 24 jam lalu dilakukan penyaringan dengan kertas saring. Adsorben yang diperoleh dilakukan pencucian sampai pH netral dan dihilangkan kadar air melalui oven dengan temperatur 105°C dalam waktu 1 jam hingga berat konstan. Proses Adsorpsi dilakukan dengan mengontakkan 100 ml CPO dengan variabelen karbon aktif dengan massa (0,6 gr; 0,8 gr; 1 gr dan 1,2 gr) pada temperatur tetap 120°C selama variasi waktu (30 menit, 60 menit, 90 menit, 120 menit, 150 menit, 180 menit dan 210 menit). Setelahnya dilakukan penyaringan untuk memisahkan karbon aktif dari CPO yang telah di adsorpsi.

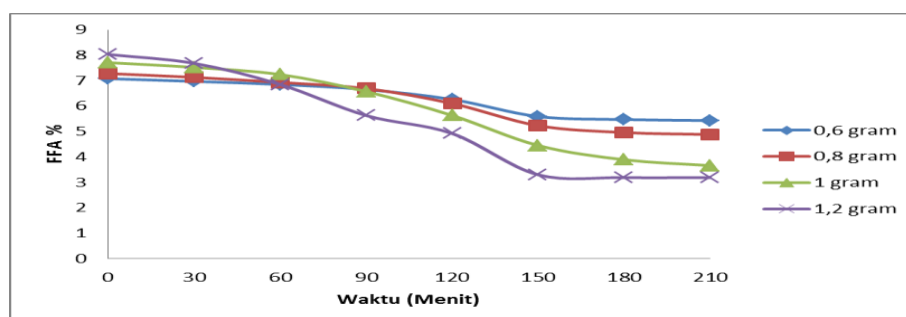
## 3. Hasil dan Diskusi

### 3.1 Pengujian FFA setelah proses Adsorpsi

Untuk pengujian FFA dilakukan dengan metode titrasi alkalimetri. Larutan sekunder yang digunakan yaitu NaOH 0,1 N. Hasil yang diperoleh dari pengujian FFA adalah hasil FFA awal dan FFA setelah di adsorpsi. Hasil tersebut diperlukan untuk menentukan kapasitas dan persentase penyerapan asam lemak bebas selama proses adsorpsi. Berdasarkan hasil penelitian yang diperoleh, adsorpsi ALB pada CPO menggunakan adsorben TKKS.

### 3.2 Pengaruh massa adsorben dan waktu kontak terhadap kadar FFA pada CPO

Dari gambar 1 memperlihatkan hasil adsorpsi diperoleh kadar penyerapan tertinggi pada waktu 210 menit dengan massa adsorben 1,2 gr yaitu sebesar 60,29% dengan FFA terserap sebesar 4,84%. Sedangkan kadar penyerapan terendah terdapat pada massa adsorben 0,6 gr dengan waktu kontak 30 menit. Dapat disimpulkan semakin banyak massa adsorben maka tingkat penyerapannya akan semakin besar pada proses adsorpsi asam lemak bebas dari CPO. Peningkatan jumlah adsorben akan meningkatkan jumlah pori-pori dan luas permukaan total yang digunakan untuk mengikat adsorben selama proses adsorpsi. (Arif et al., 2015.). Pada penelitian (Meriatna et al, 2020) menunjukkan bahwa peningkatan penyerapan asam lemak bebas semakin besar dengan meningkatnya penambahan massa adsorben yang berasal dari abu boiler kelapa sawit.



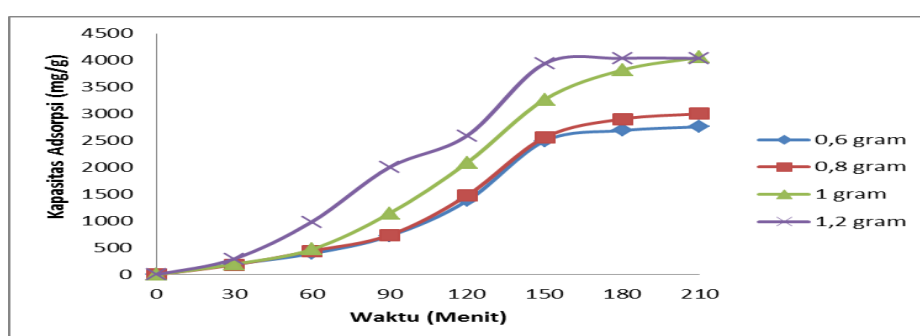
Gambar 1. Pengaruh massa adsorben dan waktu kontak terhadap kadar FFA pada CPO

Pengaruh waktu kontak selama proses adsorpsi menunjukkan bahwa semakin lama waktu adsorpsi maka penyerapan adsorbat dan proses difusi berlangsung dengan baik sehingga mencapai kesetimbangan (keadaan jenuh). Semakin lama waktu kontak juga akan menyebabkan proses adsorpsi menurun, hal ini disebabkan dikarenakan terjadi kejenuhan pada sisi aktif adsorben sehingga adsorben tidak mampu lagi menyerap adsorbat. Hal ini dikatakan terjadi kesetimbangan pada proses adsorpsi. (Sahara et al., 2018)

### 3.3 Pengaruh massa adsorben dan waktu kontak terhadap Kapasitas adsorpsi

Gambar 2 menunjukkan bahwa kapasitas adsorpsi mengalami kenaikan seiring dengan berjalannya waktu adsorpsi yang semakin lama dan massa adsorben yang lebih

banyak . Faktor utama dalam penyerapan merupakan waktu kontak dan tumbukan. Menurut prinsip tumbukan, kecepatan reaksi tergantung pada jumlah tumbukan per satuan waktu. Dengan bertambahnya jumlah tumbukan, reaksi akan mencapai kesetimbangan lebih cepat. (Sylvia et al., 2017). Kapasitas adsorpsi maksimum didapat pada jumlah adsorben sebesar 1,2 gr dengan waktu adsorpsi 210 menit yaitu 4037,08 mg/g, sedangkan kapasitas adsorpsi terendah didapat pada jumlah adsorben sebesar 0,6 gr dengan waktu adsorpsi 30 menit yaitu 295,39 mg/g. Hal ini diperoleh Jumlah FFA teradsorpsi meningkat dengan perpanjangan waktu adsorpsi. Semakin lama waktu adsorpsi maka semakin lama pula waktu kontak antara asam lemak bebas dengan adsorben. Sehingga kapasitas adsorpsi pada permukaan adsorben juga semakin meningkat. (Meriatna et al, 2020)

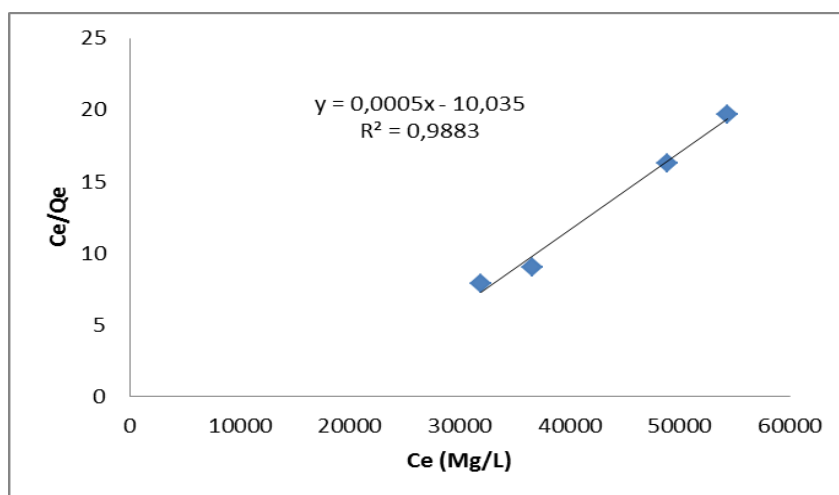


Gambar 2. Pengaruh massa adsorben dan waktu kontak terhadap kapasitas adsorpsi

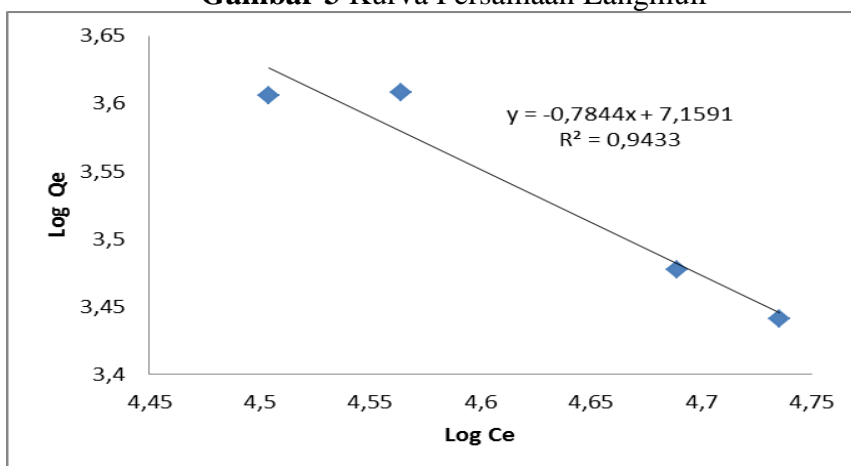
Pernyataan ini diperkuat oleh (Afriani et al., 2021) menggunakan adsorben sekam padi untuk mengadsorpsi ion  $PB^{2+}$  dalam air yang menyatakan waktu adsorpsi yang semakin lama maka kapasitas penyerapannya akan semakin naik dikarenakan waktu kontak yang lebih lama maka semakin besar kemungkinan partikel adsorben akan bersentuhan dengan ion PB didalam air.

### 3.4 Isoterm Adsorpsi

Pada isoterm *langmuir* dilakukan dengan cara membuat kurva  $C_e/Q_e$  terhadap  $C_e$ , sedangkan untuk Isoterm *Freundlich* dilakukan dengan cara membuat kurva hubungan  $\log C_e$  terhadap  $\log Q_e$ . Grafik isotherm adsorpsi FFA menggunakan adsorben tandan kosong kelapa sawit dapat dilihat masing-masing pada pada Gambar 3 dan 4



**Gambar 3** Kurva Persamaan Langmuir

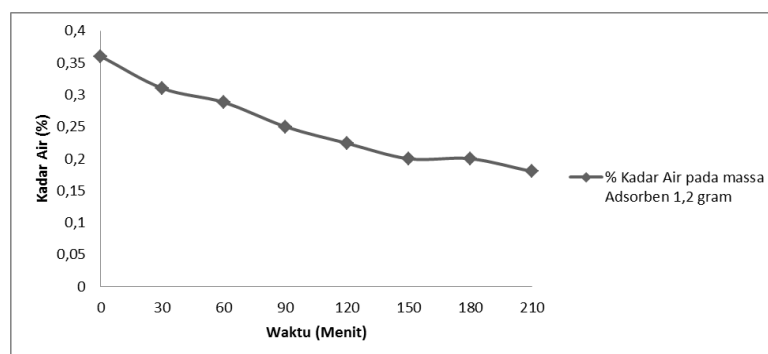


**Gambar 4** Kurva Persamaan Freundlich

Persamaan Langmuir dan Freundlich diuji melalui diagram linierisasi yang baik, dan koefisien determinasi R mendekati 1. (Sylvia et al., 2017). Dari gambar 3 dan 4 terlihat bahwa linieritas isoterm adsorpsi Langmuir lebih besar dari pada isoterm Freundlich. Nilai  $R^2$  dari persamaan langmuir adalah 0,9883 dan Nilai  $R^2$  dari persamaan freundlich adalah 0,9433. Pada penelitian ini kombinasi Asam lemak bebas dengan adsorben TKKS mengikuti model Langmuir yang menunjukkan proses adsorpsi terjadi pada satu lapisan.

### 3.5 Pengaruh lama waktu adsorpsi terhadap kadar air

Gambar 5 menunjukkan lamanya waktu adsorpsi mempengaruhi kadar air. Nilai kadar air pada berat adsorben 1,2 gram selama pada waktu 30 menit terjadi penurunan kadar air dari 0,36% menjadi 0,31%. Hal ini terjadi penurunan kadar air yang sedikit.

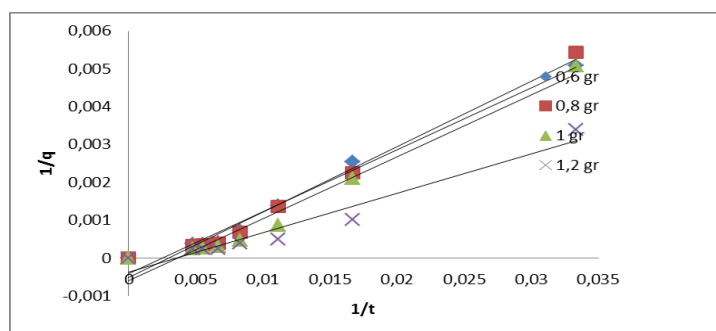


Gambar 5 Pengaruh lama waktu Adsorpsi terhadap Kadar Air Pada Massa adsorben 1,2 gram

Penurunan terbesar terjadi pada waktu 210 menit mengalami penurunan kadar air yang signifikan menjadi 0,18%. Hal ini mengindikasikan semakin lama proses adsorpsi maka kadar air yang hilang semakin meningkat. Disebabkan adanya kontak langsung pada adsorben dengan air yang terkandung dalam CPO yang masuk kedalam pori-pori adsorben. (Atikah, 2019)

### 3.6 Model Kinetika

Gambar 6 menunjukkan bahwa plot  $1/q_e$  terhadap  $1/t$ . Pada persamaan kinetika *Pseudo Second Order* menghasilkan garis lurus dengan koefisien korelasi ( $R^2$ ) Nilai regresi linear ini menunjukkan bahwa model *pseudo second order* sangat cocok untuk adsorben TKKS dengan dengan nilai koefisien korelasinya ( $R^2$ ) paling tinggi dengan range 0,9464 - 0,9820. Kualitas model juga dapat dinilai dengan membandingkan kapasitas adsorpsi saat eksperimen dan hasil perhitungan. (Muhammad, 2014). Dari model kinetika PSO menghasilkan harga  $Q_e$  yang tidak berbeda jauh dengan harga  $Q_e$  hasil eksperimen. Hal ini menegaskan bahwa pengikatan asam lemak bebas oleh adsorben tandan kosong kelapa sawit mengikuti persamaan *pseudo second order*. Untuk nilai dari persamaan model kinetika pseudo-orde-kedua dapat diketahui pada tabel 2



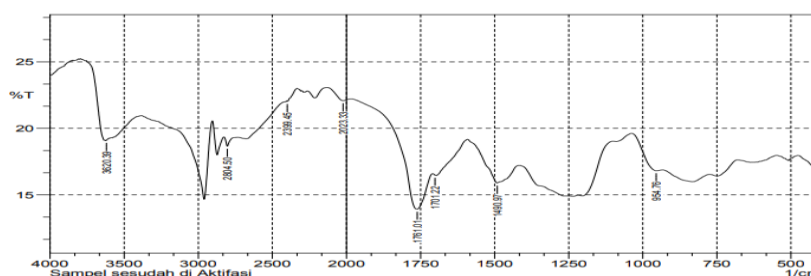
Gambar 6 Plot Kinetika *Pseudo Second Order*  $1/q_e$  Terhadap  $1/t$ .

Tabel 2. Parameter kinetik *pseudo second order* untuk penyerapan ALB dengan adsorben TKKS

Massa adsorben	Parameter		
	$Q_e$ calc	$K_2$	$R^2$
0,6	2500	$9,7 \times 10^{-8}$	0,982
0,8	2000	$1,4 \times 10^{-6}$	0,9804
1,0	1666	$2,2 \times 10^{-6}$	0,9684
1,2	2500	$1,5 \times 10^{-6}$	0,9464

### 3.7 Karakteristik FTIR

Gugus adsorben TKKS dikaji dengan Spektrum FTIR. Uji Spektrum FTIR bertujuan untuk mengetahui perubahan gugus pada adsorben setelah aktivasi dan setelah proses adsorpsi yang ditunjukkan gambar 7 dan 8

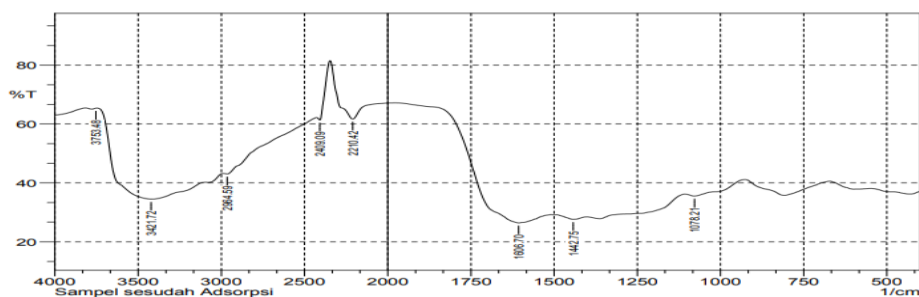


Gambar 7 Spektrum FTIR adsorben TKKS sesudah di aktivasi

Dari spektrum tersebut terlihat bahwa terdapat serapan pada  $3620 \text{ cm}^{-1}$ , dimana membuktikan adanya gugus OH, sesuai dengan literatur bahwa pita serapan lebar yang terdeteksi pada daerah  $3700 \text{ cm}^{-1} - 3100 \text{ cm}^{-1}$  merupakan serapan gugus OH vibrasi



ulur. Pada bilangan 1701  $\text{cm}^{-1}$  menunjukkan adanya gugus karboksil ( $\text{C}=\text{O}$ ). Adanya ikatan OH dan CO menunjukkan bahwa karbon aktif yang dihasilkan bersifat lebih polar. Maka karbon aktif yang dihasilkan dapat digunakan sebagai adsorben. (Sylvia et al., 2017).



Gambar 8 Spektrum FTIR Adsorben TKKS Sesudah di Adsorpsi

Pada spektrum grafik diatas terdeteksinya puncak serapan pada bilangan gelombang 3421  $\text{cm}^{-1}$  yang merupakan gugus OH. Adanya gugus OH pada panjang gelombang 3700-3100  $\text{cm}^{-1}$ , menunjukkan bahwa gugus hidroksil membentuk ikatan hidrogen dalam satu kelompok gugus hidroksil dari molekul  $\text{H}_2\text{O}$  (Syahwandi, 2019). Pada puncak serapan 2964 menunjukkan adanya vibrasi C-H dari alkana pada daerah serapan 2850  $\text{cm}^{-1}$  – 2970  $\text{cm}^{-1}$ . Pada puncak serapan 2210  $\text{cm}^{-1}$  menunjukkan adanya gugus  $\text{C}\equiv\text{N}$  dari nitril pada daerah serapan 2210-2280  $\text{cm}^{-1}$ . Pada puncak serapan 1606  $\text{cm}^{-1}$  menunjukkan adanya gugus  $\text{C}=\text{C}$  dari cincin aromatik pada daerah serapan 1500-1600  $\text{cm}^{-1}$ . Pada bilangan gelombang 1442  $\text{cm}^{-1}$  menunjukkan adanya gugus C-H dari Alkana pada daerah serapan 1340-1470  $\text{cm}^{-1}$ . Puncak serapan pada bilangan gelombang 1078  $\text{cm}^{-1}$  menunjukkan bahwa gugus karboksil ( $\text{C}=\text{O}$ ) teridentifikasi sebagai karbonat ( $\text{CO}_3$ ).

#### 4. Simpulan

Penyerapan FFA dengan adsorben tandan kosong kelapa sawit paling baik terdapat pada massa adsorben 1,2 gram dengan waktu 210 menit Dengan persen penyerapan sebesar 60,29% dengan FFA terserap sebesar 4,84%. Waktu optimum adsorpsi terdapat pada waktu 150 menit dan pada waktu 210 menit adsorben mengalami kesetimbangan. Adsorben TKKS mengacu pada persamaan isoterm adsorpsi Langmuir yang bermakna bahwa penyerapan terjadi bersifat *monolayer*, Model kinetika adsorpsi FFA dari CPO mengikuti model *pseudo second order*. Pada analisis spektrum FTIR pada adsorben

TKKS sesudah di aktivasi menunjukkan vibrasi ulur gugus hidroksil (O-H) dan gugus karboksil (C=O).

## 5. Daftar Pustaka

1. Afriani, R., Maulinda, L., Kimia, J. T., Teknik, F., Malikussaleh, U., Methodology, R. S., & Bed, F. (2021). *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*. 1(Mei), 100–110.
2. Arif, A. R., Saleh, A., Saokani, J., & Kimia, J. (N.D.). *Adsorpsi Karbon Aktif Dari Tempurung Kluwak (Pangium Edule) Terhadap*. 34–47. Atikah. (2019). *Pengaruh Waktu Dan Berat Adsorben Bentonit*. 4, 25–31.
3. Ifa, L., Faudzal, M., & Nurjannah, N. (2018). *Penurunan Kadar Asam Lemak Bebas Minyak Kelapa Sawit Menggunakan Adsorben (Zeolit Dan Bioarang Sekam Padi*. 03(January 2019), 1–5.
4. Ketaren, S. (2012). *Pengantar Teknologi Lemak Dan Minyak Pangan*. Jakarta: Ui Press.
5. Kurniawan, F., Madurani, M., & Kartika, A. (2015). Electrochemical And Optical Microscopy Study Of Red Pepper Seed Oilcorrosion Inhibition By Self Assembled Monolayer (Sam) On 304 Ss. *Elsevier Organic Coatings*.
6. Meriatna Et Al. (2020). *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*. 1(November), 14–23. <https://ojs.unimal.ac.id/jtk/article/view/3032>
7. Muhammad. (2014). *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*. 2(November), 53–63.
8. Sahara, E., Gayatri, P. S., Suarya, P., & Jimbaran, B. (2018). *Adsorpsi Zat Warna Rhodamin-B Dalam Larutan Oleh*. 6, 37–45.
9. Syahwandi, M., Rahmalia, W., Zaharah, T. A., & Usman, T. (2019). *Indon Esian Journal Of Pure And Applied Chemistry*. 2(3), 121–129.
10. Sylvia, N., Fahmi, A., & Dewi, R. (2017). *Adsorpsi Pb<sup>2+</sup> (Timbal) Menggunakan Karbon Aktif Dari Cangkang Kernel Kelapa Sawit Pada Single Bed Column Dan Double Bed Column*. 1(1), 4–7.