

# Preparasi Karbon Aktif dari Limbah Batang Kelapa Sawit dengan Aktivasi Ultrasonik sebagai Adsorben Rhodamin B

Rifaat Alfairuz, Miftahul Khair\*

Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Padang

Jln. Prof. Dr. Hamka Air Tawar Padang, Indonesia Telp.0751 7057420

\*miftah@fmipa.unp.ac.id

**Abstract** – The preparation of activated carbon from oil palm trunk waste using ultrasonic wave as activator has been successfully performed. The carbonization step was conducted at a temperature of 250°C for 75 minutes. Physical activation with ultrasonic (35 Watt, 40 kHz) for 20 minutes was able to increase the iodine number from 330.06 mg/g to 799.14 mg/g and was in accordance with SNI No.06-3730-1995 for activated carbon. FTIR spectra shows that the activated carbon of oil palm trunk has functional group –OH at wave number 2900-3200 cm<sup>-1</sup>, C=C at wavenumber 1500-1600 cm<sup>-1</sup>, C-O at wavenumber 1200-1250 cm<sup>-1</sup>. The activated carbon produced had an optimum absorption capacity for Rhodamine B of 4,537 mg/g at a concentration of 250 ppm for 90 minutes. The adsorption isotherms mechanisms tend to follow the Freundlich equation with a correlation coefficient (R<sup>2</sup>)= 0.9985.

**Keywords:** oil palm trunk, activated carbon, ultrasonic, Rhodamin B, adsorption

## I. PENDAHULUAN

Industri kelapa sawit merupakan salah satu industri terbesar di Indonesia. Limbah batang kelapa sawit menjadi masalah lingkungan, kecuali kalau dijadikan sebagai produk bernilai ekonomis. Dengan kandungan zat organik yang tinggi, seperti selulosa, lignin dan hemiselulosa [1] maka batang kelapa sawit sangat potensial dijadikan karbon aktif[2][3].

Preparasi karbon aktif terdiri dari proses dehidrasi, karbonisasi, dan aktivasi. Karbonisasi bahan yang mengandung karbon biasa dilakukan dalam atmosfer inert mengasihkan pori halus dan tertutup[4].

Tujuan aktivasi adalah untuk memperbesar diameter pori ataupun menghasilkan pori baru. Aktivasi dilaksanakan dengan cara kimia atau fisika. Aktivasi kimia menggunakan bahan kimia seperti asam, basa, atau garam. Aktivasi fisika tanpa menggunakan bahan kimia, seperti dengan cara gasifikasi char dengan steam, CO<sub>2</sub>, udara, atau campuran gas-gas ini pada suhu 800-1100 °C[4]. Untuk mengurangi pemakaian bahan kimia dan mengurangi pemakaian energi yang tinggi dalam aktivasi fisika, maka diperlukan teknik aktivasi yang efisien dan efektif.

Iradiasi ultrasonik mampu menghasilkan panas karena proses kavitasi yang terjadi[5]. Sonikasi memiliki keunggulan karena prosesnya yang relatif cepat, murah dan mengurangi zat kimia sehingga memenuhi aspek kimia hijau.

Interaksi panas dari proses kavitasi karena iradiasi ultrasonik akan meningkatkan luas permukaan dan menghilangkan pengotor pada pori-pori karbon [6] Energi panas ini diharapkan bisa menjadi aktivator fisika pada preparasi karbon aktif.

Penelitian penggunaan batang kelapa sawit untuk menjadi karbon aktif sejauh pengetahuan penulis, menggunakan aktivasi kimia dengan H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>, [3], ZnCl<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub>[7], aktivasi fisika dengan gas dari kalsinasi batu kapur [8], dan gas CO<sub>2</sub>[9].

Tujuan penelitian ini adalah untuk mempersiapkan karbon aktif dari bahan limbah batang kelapa sawit dengan teknik aktivasi fisika iradiasi ultrasonik, sehingga selain didapatkan karbon aktif yang berharga murah, juga prosesnya memenuhi aspek kimia hijau. Karbon aktif yang didapat selain diuji proksimat, juga dikarakterisasi gugus fungsinya, dan kinerja adsorbsinya dievaluasi dengan menggunakan Rhodamin B.

## II. METODE PENELITIAN

### A. Alat

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah furnace (heaters from LAG Asia Ltd brand Ht40), Ultrasonik Cleaner BK-1200), FTIR (*PANalytical Expert Pro*), UV-Vis (Specord 210), Spektrometri (Genesys 20 visible spectrophotometer thermofisher), Shaker (*SHO-ID*)

## B. Bahan

Limbah pelepah kelapa sawit diambil dari PT Perkebunan Sawit Tiku, Indonesia, Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub> teknis (merk EMSURE), I<sub>2</sub> (merk EMSURE), KI (merk EMSURE), kanji langsung digunakan tanpa proses pemurnian ulang.

## C. Prosedur penelitian

### 1. Preparasi Karbon Aktif

Serpihan kecil batang kelapa sawit dicuci dan dikeringkan dalam oven pada suhu 105 °C sampai berat konstan. Sampel dikarbonisasi dalam furnace pada suhu 250, 300 dan 350 °C masing-masing selama 60, 75, 90, 105 menit. Karbon yang terbentuk didinginkan dalam desikator, dihaluskan, dan diayak dengan ayakan 100 mesh, dilanjutkan dengan uji proksimat. Karbon yang optimum diaktivasi dengan iradiasi ultrasonik dengan perbandingan volume aquades (mL) dan massa karbon (gram) (5:1) dengan daya 35 watt, frekuensi 45 KHz selama 5, 10, 15, 20, 25, 30 menit. Karbon aktif yang diperoleh dibilas dengan aquades, dikeringkan dalam oven, dan diuji proksimat kembali. Karbon aktif optimum dikarakterisasi dengan FTIR.

### 2. Uji adsorpsi karbon aktif terhadap Rhodamin B

#### a. Penentuan waktu optimum

Satu gram karbon aktif optimum dikontakkan dengan 25 mL larutan Rhodamin B 100 ppm, lalu dishacking dengan kecepatan 150 rpm selama 30, 60, 90, 120 menit. Filtrat hasil penyaringan diukur absorbansinya dengan spektroskopik.

#### b. Pengaruh konsentrasi

Satu gram karbon aktif optimum dikontakkan dengan 25 mL larutan Rhodamin B dengan konsentrasi 50, 100, 150, 200, 250, 300 ppm, lalu dishacking dengan kecepatan 150 rpm selama waktu optimum. Filtrat hasil penyaringan diukur absorbansinya dengan spektroskopik.

## III. HASIL DAN PEMBAHASAN

### A. Proses Preparasi Karbon Aktif

Pada dasarnya karbon aktif dibuat melalui 3 tahap yaitu tahap dehidrasi, karbonisasi dan aktivasi. Tahap dehidrasi bertujuan untuk menghilangkan air pada sampel agar pada tahap karbonisasi tidak terlalu banyak mengeluarkan asap. Pembentukan karbon bisa dihasilkan oleh pemanasan dalam batang kelapa sawit dalam furnace dimulai pada suhu 250°C yang ditandai dengan terbentuknya arang hitam. Selanjutnya suhu divariasikan dari 250, 300 dan 350°C serta waktu pemanasan 60, 75, 90 dan 105 menit. Proses karbonisasi batang kelapa sawit bisa dilakukan dalam furnace tertutup tanpa aliran gas nitrogen [10].

### B. Analisis Proksimat

Analisis proksimat bertujuan untuk melihat kualitas karbon aktif yang dihasilkan sesuai dengan SNI 06-3730-1995 tentang Karbon Aktif. Hasil analisis proksimat ditampilkan pada tabel 1.

TABEL 1.  
KARAKTERISTIK KARBON AKTIF BERDASARKAN UJI PROKSIMAT

Waktu (Menit)	Kadar Air (%)	Kadar Abu (%)	Kadar zat mudah menguap (%)	Karbon Terikat (%)	Daya Serap Iod (mg/g)
<b>SNI</b>	15	10	25	65	750
<b>0</b>	2,00	4,02	10,56	61,86	228,4
<b>5</b>	5,92	3,12	10,58	85,35	761,2
<b>10</b>	5,84	2,35	10,42	86,33	773,5
<b>15</b>	5,37	2,83	10,20	86,99	772,3
<b>20</b>	5,41	4,24	10,35	91,56	794,1
<b>25</b>	6,09	3,83	10,25	87,81	785,0
<b>30</b>	6,26	1,08	10,29	91,29	786,2

Kadar air menunjukkan persentase air yang terdapat dalam karbon aktif. Keberadaan air dikarenakan sifat higroskopis dari karbon itu yang berpori sehingga jika melakukan kontak dengan udara bebas, maka uap air yang terkandung dalam udara dapat teradsorpsi. Iradiasi ultrasonik meningkatkan sifat higroskopis karbon karena bertambahnya jumlah pori-pori baru yang terbentuk. Pada tabel didapatkan kadar air tertinggi yaitu 6,25% pada waktu ultrasonik 30 menit, sedangkan kadar air terendah yaitu 2,0% pada karbon yang tidak diaktivasi [11]

Kadar abu merupakan persentase abu yang terdapat pada karbon aktif. Kadar abu dipengaruhi oleh kandungan mineral dan silika pada bahan baku yang membentuk oksida selama pemanasan suhu tinggi. Pada tabel didapatkan kadar abu semakin menurun karena iradiasi ultrasonik dapat memperbesar ukuran pori-pori sehingga kadar abu menurun, dimana kadar abu terendah yaitu 1,08% pada waktu ultrasonik 30 menit.

Penentuan kadar zat mudah menguap (volatile matters) bertujuan untuk mengukur kandungan senyawa selain karbon yang belum teruapkan pada proses pemanasan. Faktor yang mempengaruhi kadar zat mudah menguap adalah kandungan zat selain karbon seperti pengotor yang masih melekat pada bahan baku, suhu dan durasi pemanasan [12]. Kadar zat mudah menguap tertinggi yaitu 10,58% pada waktu iradiasi ultrasonik 5 menit dan kadar zat mudah menguap terendah yaitu 10,20% pada ultrasonik 15 menit.

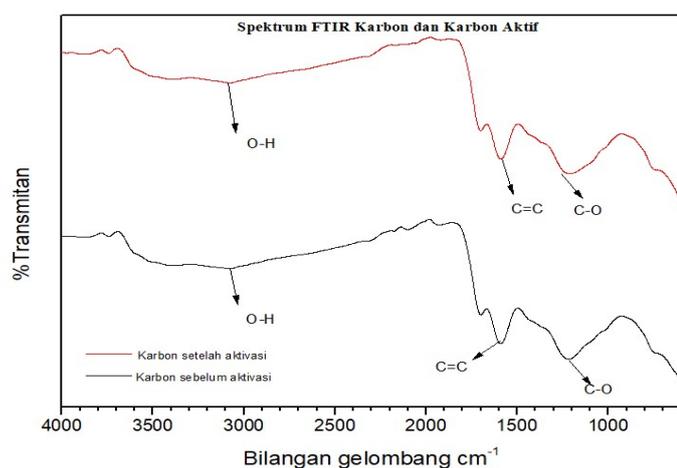
Kadar karbon terikat merupakan persentase kandungan karbon yang terkandung dalam karbon aktif setelah proses karbonisasi dan aktivasi. Karbon terikat dipengaruhi oleh proses karbonisasi dimana terjadi reaksi pirolisis yang

menyebabkan kadar karbon berkurang akibat telah bereaksi dengan oksigen membentuk karbon dioksida. Didapatkan kadar karbon terikat tertinggi yaitu 91,56% pada iradiasi ultrasonik 20 menit dan kadar karbon terikat terendah yaitu 61,86% pada karbon yang tidak diaktivasi.

Daya serap iod merupakan kemampuan karbon aktif dalam menyerap iod. Semakin tinggi kemampuannya menyerap iod, maka semakin bagus kemampuan adsorpsi karbon aktif. Didapatkan daya serap iod tertinggi yaitu 794,133 mg/g pada waktu iradiasi ultrasonik 20 menit dan daya serap iod terendah yaitu 228,438 mg/g pada karbon tanpa aktivasi. Dapat disimpulkan bahwa daya serap iod meningkat setelah dilakukan proses aktivasi dengan iradiasi ultrasonik. Dimana ultrasonik berperan besar dalam membentuk pori-pori baru pada karbon melalui kavitasasi akustik.

### C. Analisis FTIR

Analisis FTIR bertujuan untuk menganalisis struktur dan kandungan dari karbon aktif yang dihasilkan sebelum dan sesudah aktivasi. Karakteristik dengan menggunakan FTIR dilakukan pada panjang gelombang 4000–600 cm<sup>-1</sup>.



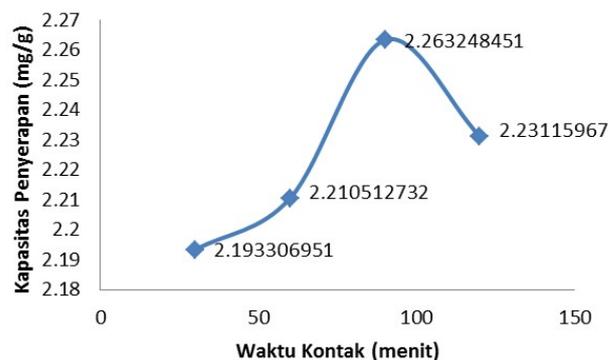
Gambar 1. Spektra FTIR karbon dan karbon aktif dari batang sawit

Spektra FTIR karbon dan karbon aktif dari batang kelapa sawit menunjukkan adanya gugus –OH stretching dari alkohol dan fenol pada bilangan gelombang 3077,61–3079,30 cm<sup>-1</sup>. Bilangan gelombang 1590,29–1591,1 cm<sup>-1</sup> menunjukkan adanya C=C aromatis dari lapisan grafit[13]. Terdapat juga gugus C–O stretching di bilangan gelombang 1212,42–1216,83 cm<sup>-1</sup> yang menunjukkan adanya gugus eter. Ini menunjukkan bahwa efek iradiasi tidak signifikan menghilangkan gugus-gugus fungsional, tapi berperan pada pengosongan pori atau pembentukan pori baru.

### D. Adsorpsi terhadap Rhodamin B

#### 1. Waktu kontak optimum

Penentuan waktu kontak bertujuan untuk mengetahui waktu yang dibutuhkan dalam mencapai kesetimbangan adsorpsi Rhodamin B oleh karbon aktif.

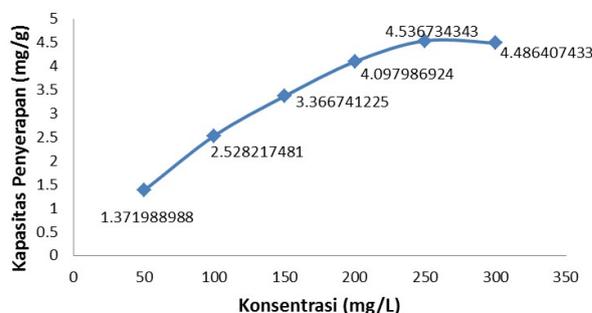


Gambar 2. Pengaruh waktu kontak terhadap kapasitas penyerapan

Gambar 2 menunjukkan bahwa adanya peningkatan jumlah adsorbat yang terserap pada waktu 30 sampai 90 menit dikarenakan banyaknya interaksi yang terjadi antara adsorben dengan adsorbat. Setelah waktu optimum didapatkan yaitu 90 menit, terjadi penurunan jumlah adsorbat yang terserap, dikarenakan terjadinya kejenuhan pada situs aktif penyerap yang digunakan sehingga tidak mampu lagi menyerap Rhodamin B [14]. Jumlah adsorbat yang terserap terbesar pada waktu optimum 90 menit sebesar 2,263 mg/g.

#### 2. Pengaruh konsentrasi

Uji pengaruh konsentrasi bertujuan untuk melihat hubungan antara konsentrasi dari Rhodamin B terhadap jumlah Rhodamin B yang terserap karbon aktif.

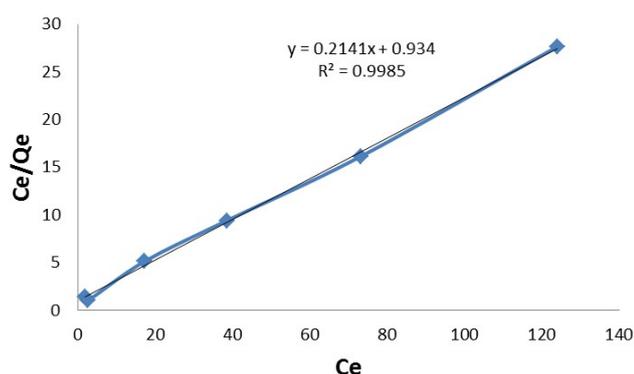


Gambar 3. Pengaruh konsentrasi larutan terhadap kapasitas penyerapan

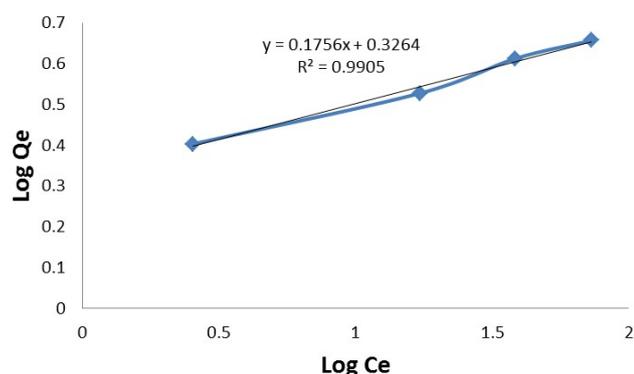
Berdasarkan gambar 3, jumlah Rhodamin B yang terserap cenderung naik dari konsentrasi 50 sampai 250 ppm. Setelah mencapai kesetimbangan pada konsentrasi 250 ppm terjadi penurunan jumlah adsorbat yang terserap dikarenakan konsentrasi Rhodamin B sebanding dengan gugus aktif yang terdapat pada karbon aktif sehingga apabila gugus aktif telah mencapai keadaan setimbang maka tak dapat lagi menyerap adsorbat lain. Jumlah Rhodamin B yang terserap terbesar terjadi pada konsentrasi 250 ppm sebesar 4,537 mg/g.

#### 3. Isoterm adsorpsi

Isoterm adsorpsi digunakan untuk menjelaskan interaksi antara jumlah zat yang diserap dengan konsentrasi kesetimbangan melalui persamaan Langmuir dan Freundlich.



Gambar 4. Isoterm Langmuir



Gambar 5. Isoterm Freundlich

Pada gambar 4 dan 5 menjelaskan perbandingan antara grafik isoterm Langmuir dan isoterm Freundlich. Isoterm Langmuir menjelaskan hubungan antara konsentrasi kesetimbangan pada sumbu x dan perbandingan konsentrasi kesetimbangan dengan jumlah adsorbat yang terserap pada sumbu y. Berdasarkan grafik isoterm Langmuir memiliki nilai koefisien korelasi sebesar 0,9985. Isoterm Freundlich menunjukkan hubungan konsentrasi zat dalam larutan pada sumbu x dan jumlah zat yang terserap pada sumbu y. Berdasarkan grafik isoterm Freundlich memiliki nilai koefisien korelasi sebesar 0,9905. Hal ini menunjukkan bahwa kecenderungan adsorpsi karbon aktif dari batang kelapa sawit terhadap Rhodamin B mengikuti persamaan Langmuir karena nilai koefisien korelasi ( $R^2$ ) yang lebih mendekati 1. Isoterm Langmuir menunjukkan bahwa kapasitas serapan terjadi karena adanya lapisan tunggal dari adsorbat di permukaan adsorben [15]. Hal ini menunjukkan bahwa pori-pori karbon aktif bersifat homogen sehingga pada situs aktif permukaan hanya mampu menyerap satu jenis molekul adsorbat [16]

#### IV. KESIMPULAN

Iradiasi ultrasonik bisa digunakan untuk aktivasi karbon dari batang sawit selama 20 menit. Penyerapan optimum Rhodamin B pada karbon aktif ini terjadi pada waktu kontak 90 menit pada konsentrasi 250 ppm dengan jumlah Rhodamin B yang terserap sebesar 4,537 mg/g. Singkatnya, metode iradiasi

ultrasonik pada batang kelapa sawit sebagai bahan baku dapat menjadi alternatif untuk pembuatan karbon aktif efisien dan efektif, dan teruji untuk aplikasi adsorpsi Rhodamin B.

#### REFERENSI

- [1] C. Saucier, M. Adebayo, E. Lima., "Microwave-assisted activated carbon from cocoa shell as adsorbent for removal of sodium diclofenac and nimesulide from aqueous effluents," *J. Hazard. Mater.*, vol. 289, pp. 18–27, 2015, doi: 10.1016/j.jhazmat.2015.02.026.
- [2] P. González-García, "Activated carbon from lignocellulosics precursors: A review of the synthesis methods, characterization techniques and applications," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 82, pp. 1393–1414, 2018, doi: 10.1016/j.rser.2017.04.117.
- [3] M. Z. Bin Hussein, M. B. A. Rahman, A. H. J. Yahaya, T.-Y. Y. Hin, and N. Ahmad, "Oil palm trunk as a raw material for activated carbon production," *J. Porous Mater.*, vol. 8, no. 4, pp. 327–334, 2001.
- [4] Z. Hu, M. P. Srinivasan, and Y. Ni, "Novel activation process for preparing highly microporous and mesoporous activated carbons," *J. Elsevier Sci.*, vol. 39, pp. 877–886, 2001.
- [5] G. Chatel and R. S. Varma, "Ultrasound and microwave irradiation: Contributions of alternative physicochemical activation methods to Green Chemistry," *Green Chem.*, vol. 21, no. 22, pp. 6043–6050, 2019, doi: 10.1039/c9gc02534k.
- [6] D. D. Milenković, P. V. Dašić, and V. B. Veljković, "Ultrasound-assisted adsorption of copper(II) ions on hazelnut shell activated carbon," *Ultrason. Sonochem.*, vol. 16, no. 4, pp. 557–563, 2009, doi: 10.1016/j.ultsonch.2008.12.002.
- [7] C. Znc, M. Z. Hussein, Z. Zainal, R. Ibrahim, K. K. Kheong, and B. Muhammad, "The Preparation of Activated Carbons from Chips of Oil Palm Trunk Catalysed by : Surface Area and Porosity Studies," pp. 35–40, 1995.
- [8] A. L. Ahmad, M. M. Loh, and J. A. Aziz, "Preparation and characterization of activated carbon from oil palm wood and its evaluation on Methylene blue adsorption," *Dye. Pigment.*, vol. 75, no. 2, pp. 263–272, 2007, doi: 10.1016/j.dyepig.2006.05.034.
- [9] Lin, J., Choowang, R., & Zhao, G. (2020). Fabrication and Characterization of Activated Carbon Fibers from Oil Palm Trunk. *Polymers*, 12(12), 2775.
- [10] D. D. Jaya and M. Khair, "Preparation of carbon via heating of oil palm trunk," in *AIP Conference Proceedings*, 2021, vol. 2331, no. 1, p. 40012.
- [11] A. L. Ahmad, M. M. Loh, and J. A. Aziz, "Preparation and characterization of activated carbon from oil palm wood and its evaluation on methylene blue adsorption," *Dye. Pigment.*, vol. 75, no. 2, pp. 263–272, 2007.
- [12] M. Lempang, W. Syafii, and G. Pari, "Properties and Quality of Candlenut Shell Activated Charcoal," *J. Penelit. Has. Hutan*, 2012, doi: http://dx.doi.org/10.20886/jphh.2012.30.2.100-113.
- [13] G. Handika, S. Maulina, and V. A. Mentari, "Karakteristik Karbon Aktif dari Pemanfaatan Limbah Tanaman Kelapa Sawit dengan Penambahan Aktivator Natrium Karbonat (Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) dan Natrium Klorida (NaCl)," *J. Tek. Kim. USU*, vol. 6, no. 4, pp. 41–44, 2017.
- [14] E. Sahara, P. S. Gayatri, and P. Suarya, "Adsorpsi Zat Warna Rhodamin-B dalam Larutan oleh Arang Aktif Batang Tanaman Gumitir Teraktivasi Asam Fosfat," *Indones. E-Journal Appl. Chem.*, vol. 6, no. 1, pp. 37–45, 2018.
- [15] E. S. Mumi Handayani, "Uji Persamaan Langmuir dan Freundlich Pada Penyerapan Limbah Chrom (VI) Oleh Zeolit," *Pusat Penelitian Metalurgi – LIPI*, no. Vi, pp. 130–136, 2009.
- [16] M. Taufik, T. Suci, D. Kasih, and M. Khair, "Pembuatan Karbon Aktif Cangkang Kelapa Sawit ( *Elaeis guineensis* ) Dengan Aktivator Gelombang Microwave," *Chemistry Journal of Universitas Negeri Padang*, vol. 10, no. 1, pp. 40–44, 2021.