



Pembuatan Arang Aktif dari Pelepah Sawit Menggunakan Aktivator H_2SO_4 sebagai Adsorben untuk Pemurnian Air Sungai Siak

Dwi Annisa Fithry^{1✉}, Roida Nabila¹, Dini Aulia Sari Ermal¹, Viona Aulia Rahmi¹, Jusnita¹, Durain Parmanoan²

⁽¹⁾Universitas Muhammadiyah Riau, Riau, Pekanbaru, Indonesia

⁽²⁾Universitas Negeri Padang

DOI: 10.31004/jutin.v9i1.53455

✉ Corresponding author:
[dwiannisa@umri.ac.id]

Article Info	Abstrak
<p>Kata kunci: Adsorben; Adsorpsi; Arang Aktif; Air Sungai Siak; Pelepah sawit</p>	<p>Pelepah kelapa sawit merupakan limbah yang berpotensi dimanfaatkan sebagai bahan baku arang aktif karena kandungan lignoselulosa berupa selulosa, hemiselulosa, dan lignin sehingga dapat digunakan sebagai adsorben. Dalam penelitian ini, pelepah sawit dikarbonisasi dengan proses pirolisis pada suhu 350°C, lalu dihaluskan hingga ukuran 100 mesh, kemudian diaktivasi menggunakan larutan H_2SO_4 0,1 M selama 3 jam dan dikeringkan di oven pada suhu 70°C. Air Sungai Siak sebagai sampel diambil 100 ml kemudian di adsorpsi dengan 3 gram arang aktif, lalu dishaker setiap 20 menit sekali selama 3 jam. Kemudian pengujian dilakukan dengan pengukuran kekeruhan dengan menggunakan turbidimeter. Hasil penelitian menunjukkan kekeruhan yang paling baik terjadi pada pagi hari bagian atas yaitu 16,8 NTU dan pada pagi hari bagian bawah 21,7 NTU. Ini disebabkan karena pada pagi hari masih belum ada aktivitas masyarakat disekitaran lingkungan Sungai Siak.</p>
<p>Keywords: Adsorbent; Adsorption; Activated Charcoal; Palm Fronds; Siak River Water</p>	<p>Abstract</p> <p>Oil palm fronds are an agricultural waste with potential application as a raw material for activated carbon due to their lignocellulosic content, which includes cellulose, hemicellulose, and lignin, enabling their function as an adsorbent. In this study, oil palm fronds were carbonized by pyrolysis at a temperature of 350°C, size-reduced to 100 mesh, and subsequently activated using a 0.1 M H_2SO_4 solution for 3 hours, then drying by oven at 70°C. 100 mL of the Siak River sample was added with 3 grams of activated carbon for the adsorption process, then shaken every 20 minutes for 3 hours. Turbidity analysis was conducted using a turbidimeter. The results indicated that the lowest turbidity values were obtained in the morning, namely 16.8 NTU at the upper section and 21.7 NTU at the lower section. This is</p>

1. PENDAHULUAN

Arang aktif atau disebut juga sebagai karbon aktif, adalah suatu padatan berpori yang mengandung 87 hingga 97% karbon dan dibuat melalui pemanasan bahan-bahan yang mengandung karbon pada suhu yang tinggi. Berdasarkan SNI 06-3730-1995 tentang arang aktif teknis, arang aktif mutu baik mempunyai kadar air maksimal 15%, kandungan zat mudah menguap maksimal 25%, kadar abu maksimal 10%, dan kandungan karbon setidaknya 65% (Sahara et al., 2017). Karbon aktif adalah bahan karbon berpori yang sudah mengalami reaksi menggunakan gas atau dengan penambahan bahan kimia (KOH, NaOH, ZnCl_2) sebelum, selama atau sesudah karbonisasi agar meningkatkan sifat serapnya. Terjadi peningkatan luas permukaan menjadi 500 m^2 (luas permukaan yang besar) (Fithry et al., 2023). Oleh sebab itu menjadikan karbonaktif memiliki daya serap yang tinggi (Neneng Purnamawati, 2023). Karbon aktif bisa dimanfaatkan sebagai agen penyerap, karbon aktif juga bisa digunakan dalam proses air pemurnian air Sungai (Wulandari et al., 2024). Pada penelitian ini adsorben yang digunakan berupa pelepah sawit. Pelepah sawit dapat dijadikan arang aktif. Pelepah sawit mengandung komponen lignosellulosa, yaitu selulosa 25,08%, hemiselulosa 24,06% dan lignin 18,46%. Karena adanya komponen lignosellulosa, bahan ini dapat menjadi bahan lain yang lebih bermanfaat, seperti karbon aktif yang dapat digunakan sebagai adsorben (Muhdarina et al., 2020).

Proses adsorpsi ialah peristiwa fisika ataupun kimia ditentukan oleh reaksi kimia antara zat penyerap atau adsorben serta zat terserap atau adsorbat. Adsorpsi dapat terjadi sebab adanya gaya tarik-menarik. Faktor yang mempengaruhi daya serap yaitu sifat adsorben, jumlah serapan, suhu, pH, dan waktu. Metode yang digunakan untuk menghilangkan zat pencemar dari air Sungai adalah adsorpsi (Haryanto et al., 2023). Penelitian (Ermal et al., 2024), menyampaikan bahwa keunggulan proses adsorpsi adalah biaya yang dikeluarkan tidak besar, sifatnya yang elastisitas, pengoperasian yang mudah, kebal terhadap kontaminan yang beracun sehingga tidak membentuk zat beresiko tinggi selama adsorpsi. Pada penelitian ini memiliki beberapa tujuan di antaranya berupa pembuatan adsorben berupa arang aktif dari pelepah sawit dengan aktivasi menggunakan aktivator H_2SO_4 dan akan melakukan pengujian pada kualitas Air Sungai Siak di Pekanbaru.

2. METODE

Bahan

Bahan yang digunakan terdiri dari pelepah sawit sebagai bahan baku pembuatan arang aktif, asam sulfat (H_2SO_4) sebagai aktivator, air Sungai Siak dan aquadest.

Alat

Alat yang digunakan pada penelitian ini yaitu, mesin pirolisis, pipet volume, ball pipet, botol semprot, beaker glass sebagai wadah aktivator, mesin ball mill untuk menghaluskan, ayakan mesh 100 untuk menyaring karbon yang sudah dihaluskan, oven untuk mengeringkan karbon yang sudah di aktivasi, turbidimeter untuk mengukur kekeruhan air, shaker, kertas saring, corong glass, botol reagen untuk menyimpan air hasil pemurnian, pH meter, TDS meter.

Prosedur Penelitian

Prosedur Pembuatan Adsorben Arang Aktif Pelepah Sawit

Prosedur persiapan arang aktif sebagai adsorben:

1. Pelepah kelapa sawit dipotong kotak dengan ukuran $\pm 5 \text{ cm}$ kemudian dicuci, dan dijemur di bawah sinar matahari 3-5 hari.
2. Pelepah kelapa sawit diproses dengan metode karbonisasi menggunakan pirolisis pada suhu 350°C selama 2 jam atau 120 menit.
3. Arang pelepah kelapa sawit dihaluskan dengan menggunakan mesin ball mill, lalu diayak dengan ukuran 100 mesh.
4. Karbon yang dihasilkan kemudian diaktivasi dengan 100 ml H_2SO_4 konsentrasi aktivator H_2SO_4 (asam sulfat) yaitu 0,1 M.
5. Kemudian saring dengan kertas saring dan dicuci dengan aquadest hingga pH netral.
6. Karbon yang sudah diaktivasi kemudian dikeringkan di oven dengan suhu 70°C sampai berat adsorbennya konstan.

Prosedur Adsorpsi

Mengukur Kekeruhan Air Sungai Siak Tanpa Adsorben:

1. Diambil sampel yaitu air Sungai Siak, pengambilan dilakukan pada pagi, siang, dan malam hari bagian atas dan bawah dengan kedalaman 2 meter.
2. Air Sungai Siak diambil sebanyak 100 ml sebagai sampel dimasukkan kedalam beaker glass.
3. Dilakukan pengukuran kekeruhan awal air Sungai Siak menggunakan turbidimeter.
4. Sampel didiamkan, tunggu setiap 1 jam untuk melakukan pengukuran kembali kekeruhan air Sungai Siak dengan menggunakan turbidimeter.
5. Lakukan prosedur 3 sampai waktu yang ditentukan yaitu 3 jam.

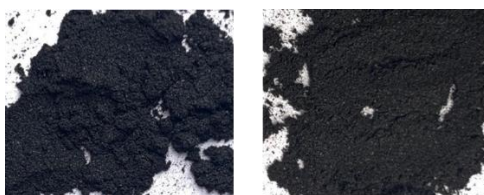
Mengukur Pengaruh Adsorben Dengan Aktivasi H_2SO_4 Terhadap Kemampuan Menurunkan Kekeruhan air Sungai Siak:

1. Sampel air Sungai diambil sebanyak 100 ml, kemudian dimasukkan ke dalam beaker glass.
2. Tambahkan 3 gram adsorben yang sudah teraktivasi H_2SO_4 0,1 M ukuran partikel 100 mesh.
3. Kemudian diaduk dengan batch shaker kecepatan 100 rpm. Kemudian disaring dengan kertas saring.
4. Ambil sampel yang sudah di saring sebanyak 5 ml, kemudian diukur kekeruhannya menggunakan turbidimeter setiap 20 menit. Percobaan dilakukan selama 3 jam.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Arang Aktif Pelepah Sawit

Pada Penelitian ini bahan baku yang digunakan untuk pembuatan arang aktif sebagai adsorben yaitu pelepah sawit. Bagian pangkal pelepah diambil hingga bagian tengah pelepah, kemudian dipotong kecil dengan ukuran masing masing ± 5 cm. Setelah dipotong kecil pelepah sawit dibersihkan, kemudian dijemur dibawah sinar matahari. Pelepah sawit dipirolisis dengan suhu $350^\circ C$ selama 2 jam, kemudian dihaluskan menjadi serbuk dengan ukuran 100 mesh. Serbuk pelepah sawit ditimbang sebanyak 10 gram dan diaktivasi dengan 100 ml H_2SO_4 0,1 M. Selanjutnya disaring menggunakan kertas saring, kemudian dikeringkan menggunakan oven dengan suhu $70^\circ C$ hingga berat sampel konstan. Adsorben ditimbang sebanyak 3 gram. Adsorben dengan ukuran 100 mesh sebelum dan sesudah aktivasi menggunakan asam sulfat ditunjukkan pada Gambar 1. Tidak ada perubahan warna pada saat di aktivasi, tetapi karbon yang sudah diaktivasi dapat memperluas pori-pori karbon sehingga mempengaruhi daya adsorpsi.



Gambar 1. Adsorben Sebelum dan Sesudah Aktivasi.

Air Sungai Siak Sebelum dan Sesudah Adsorpsi

Penelitian ini menggunakan sampel Air Sungai Siak yang berada di bawah Jembatan Leton Pekanbaru. Bentuk Air Sungai Siak secara fisik yaitu memiliki warna yang kuning dan keruh, ini disebabkan karena banyaknya aktivitas di lingkungan Sungai.



Gambar 2. Air Sungai Sebelum Adsorpsi.

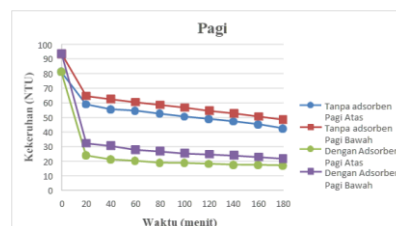
Berdasarkan Gambar 2 menunjukkan air Sungai masih keruh dan berwarna kekuningan, pH nya 5,2 dan TDS 29, lalu dilakukan proses adsorpsi menggunakan shaker selama 3 jam. Setelah dilakukan proses adsorpsi terdapat perubahan dari warna kekuningan keruh menjadi bening dan jernih, pH nya juga meningkat menjadi 6,7 dan TDS 182 ppm, yang menandakan kualitas air Sungai semakin baik setelah dilakukan proses adsorpsi. Pada Gambar 3 menunjukkan perubahan air Sungai Siak setelah adsorpsi.



Gambar 3. Air Sungai Setelah Adsorpsi.

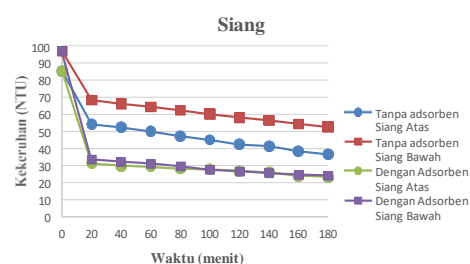
Pengaruh Adsorben Terhadap Kekeruhan Air Sungai Siak

Pelepah kelapa sawit diproses melalui proses karbonisasi untuk menghasilkan arang aktif yang dapat dimanfaatkan sebagai adsorben dalam menurunkan tingkat kekeruhan air Sungai Siak. Arang hasil karbonisasi memiliki permukaan yang kasar akibat terurainya selulosa selama proses pemanasan, sehingga zat pengotor dapat terlepas. Berkurangnya kandungan senyawa hidrokarbon menyebabkan permukaan arang semakin terbuka. Proses aktivasi selanjutnya berperan dalam mengoksidasi molekul dan memutus ikatan hidrokarbon, yang berdampak pada peningkatan luas permukaan karbon serta kemampuan daya serap adsorpsi (Issue dkk., 2024). Pengaruh adsorben pelepah sawit terhadap kekeruhan air Sungai Siak dapat dilihat pada Gambar 4.



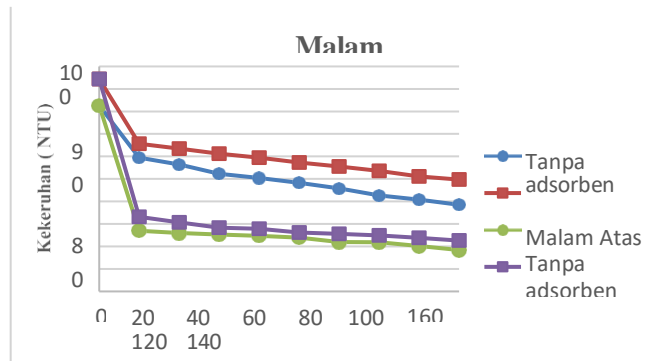
Gambar 4. Pengaruh Adsorben terhadap Kekeruhan Air Sungai Siak Pagi Hari

Berdasarkan pada Gambar 4 grafik penurunan kekeruhan air Sungai Siak di pagi hari dengan metode batch *shaker*, setelah di tambahkan adsorben massa 3 gr, dengan pengukuran setiap 20 menit sekali. Pada percobaan pertama dilakukan pengukuran air Sungai bagian atas tanpa adsorben mendapatkan hasil kekeruhan 80,8 NTU. Pada grafik diatas dapat dilihat perbandingan antara kekeruhan tanpa adsorben dan kekeruhan dengan adsorben massa 3 gr. Pengukuran air Sungai bagian atas pada menit 20 hasil kekeruhan tanpa adsorben yaitu 58,6 NTU, hasil pengukuran kekeruhan menit 20 dengan adsorben massa 3 gr yaitu 23,5 NTU. Hasil kekeruhan pada menit 180 tanpa adsorben 42,1 NTU, hasil kekeruhan dengan adsorben massa 16,8 NTU. Selanjutnya hasil awal pengukuran air Sungai bagian bawah tanpa adsorben mendapatkan hasil kekeruhan 93,3 NTU. Pada menit ke 20 tanpa adsorben 64,4 NTU, sedangkan dengan adsorben 32,2. Pada menit 180 tanpa adsorben 48,3 NTU, sedangkan dengan adsorben 21,7 NTU.



Gambar 5. Pengaruh Adsorben terhadap Kekeruhan Air Sungai Siak Siang Hari

Berdasarkan Gambar 5 menunjukkan grafik penurunan kekeruhan air Sungai Siak di siang hari dengan metode *shaker*, setelah ditambahkan adsorben masa 3 gram, dengan pengukuran setiap 20 menit sekali. Pada percobaan pertama dilakukan pengukuran air Sungai bagian atas adsorben mendapatkan hasil kekeruhan 85,6 NTU. Pada grafik di atas dapat dilihat perbandingan antara kekeruan tanpa adsorben dan kekeruhan dengan adsorben massa 3 gr. Pengukuran pada menit 20 hasil kekeruhan bagian atas tanpa adsorben yaitu 54,3 NTU. Hasil pada pengukuran kekeruhan menit 20 dengan adsorben massa 3 gr yaitu 31,1 NTU. Hasil kekeruhan pada menit 180 tanpa adsorben 36,7 NTU, hasil kekeruhan dengan adsorben massa 3 gr 23,5 NTU. Hasil awal pengukuran air Sungai bagian bawah tanpa adsorben mendapatkan hasil kekeruhan 97 NTU. Pada menit 20 tanpa adsorben 68,4 NTU, sedangkan dengan adsorben 33,6. Pada menit 180 tanpa adsorben 52,6 NTU, sedangkan dengan adsorben 24,2 NTU.



Gambar 6. Pengaruh Adsorben terhadap Kekeruhan Air Sungai Siak Malam Hari

Pada Gambar 6 menunjukkan grafik penurunan kekeruhan air Sungai Siak di malam hari dengan metode shaker, setelah di tambahkan adsorben dengan masa 3 gram, dengan pengukuran setiap 20 menit sekali. Pada percobaan pertama dilakukan pengukuran air Sungai bagian atas tanpa adsorben mendapatkan hasil kekeruhan 82,6 NTU. Pada grafik di atas dapat dilihat perbandingan antara kekeruhan tanpa adsorben dan kekeruhan dengan adsorben massa 3 gram. Pengukuran pada menit 20 bagian atas hasil kekeruhan tanpa adsorben yaitu 59,4 NTU. Hasil pada pengukuran kekeruhan menit 20 dengan adsorben massa 3 gr yaitu 27 NTU. Hasil kekeruhan pada menit 180 tanpa adsorben 38,5 NTU, hasil kekeruhan dengan adsorben massa 3 gr 18,4 NTU. Hasil awal pengukuran air Sungai bagian bawah tanpa adsorben mendapatkan hasil kekeruhan 94,4 NTU. Pada menit 20 tanpa adsorben 65,6 NTU, sedangkan dengan adsorben 33,1 NTU. Pada menit 180 tanpa adsorben 49,7 NTU, sedangkan dengan adsorben 22,6 NTU.

Pada proses adsorpsi ini dilihat dari waktu pengambilan sampel yang dilakukan pada pagi hari, siang hari dan malam hari dengan adanya aktivitas masyarakat disekitaran Sungai yang berbeda beda setiap waktunya . Pada pagi hari aktivitas masyarakat masih sedikit disekitaran area Sungai. Pada siang hari sudah banyak aktivitas masyarakat. Pada malam sudah tidak adalagi aktivitas yang dilakukan masyarakat.

Penentuan Permodelan Model Kinetika Adsorpsi

Proses penyerapan suatu zat padat maupun cair oleh adsorben merupakan tujuan dari kinetika adsorpsi. Kinetika Adsorpsi juga mempengaruhi kekeruhan dari adsorben, turunnya kekeruhan pada Air Sungai Siak menunjukkan pengaruh aktivasi dari adsorben dan pembentukan situs aktif. Kinetika adsorpsi ada dua pemodelan yaitu orde satu dan orde dua (Anggriani dkk., 2021).

Pada penelitian ini menggunakan persamaan kinetika orde satu dan orde dua. Persamaan kinetika orde satu atau lagergren, menjelaskan tentang adsorpsi dalam sistem padat-cair berdasarkan kapasitas padatan untuk menyerap (Haryanto dkk., 2023). Persamaan Orde satu dapat dilihat sebagai berikut :

$$\log(q_e + qt) = \log q_e - \frac{k_1}{2,303} t$$

Keterangan :

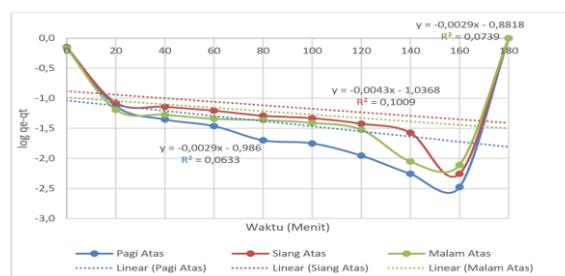
q_e = konsentrasi adsorbat pada kesetimbangan (slope)

qt = konsentrasi pada waktu t

k_1 = konstanta laju adsorpsi (intercept)

K = Kinetika

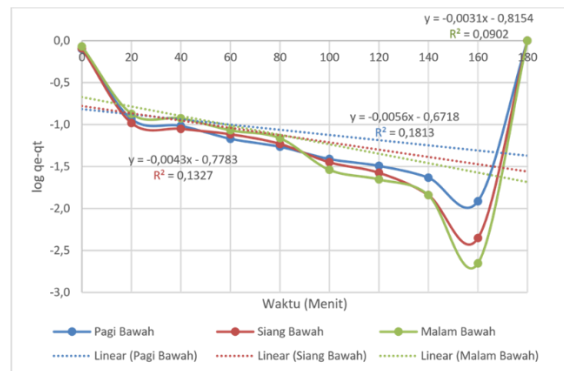
t = waktu



Gambar 7. Pseudo Orde-1 pada Adsorben, Air Sungai Bagian Atas

Hasil pemodelan kinetika orde satu pada air Sungai Siak bagian atas ditampilkan pada Gambar 7 dengan penggunaan adsorben berukuran 100 mesh. Hubungan antara kecepatan pengadukan (rpm) dan laju adsorpsi

menunjukkan karakteristik kinetika orde satu. Pada massa adsorben 3 gram, didapatkan nilai koefisien korelasi pagi atas $R^2 = 0,0633$, pada siang atas $R^2 = 0,1009$, pada malam atas $R^2 = 0,0739$.

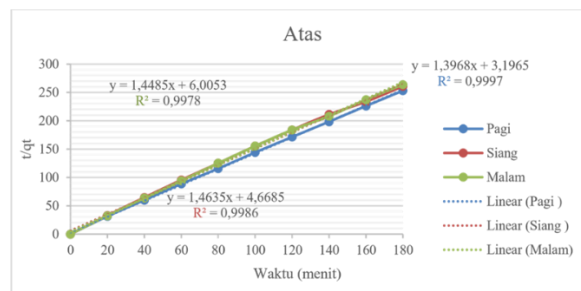


Gambar 8. Pseudo Orde-1 pada Adsorben, Air Sungai Bagian Bawah

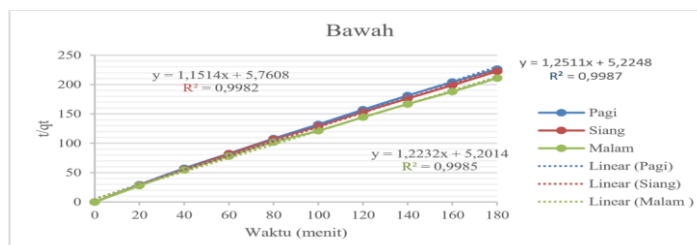
Berdasarkan Gambar 8 menunjukkan grafik pemodelan pseudo orde-1 pada dengan kecepatan 100 rpm air sungai bagian bawah. Pada Gambar 8 dapat dilihat kinetika orde satu yang menunjukkan hubungan antara laju adsorpsi dengan waktu. Pada massa adsorben 3 gr diperoleh nilai koefisien korelasi pagi bawah R^2 sebesar = 0,1813, siang bawah $R^2 = 0,1327$, malam bawah 0,0902. Orde satu terjadi ketika adanya perubahan konsentrasi pada pereaksi dua kali yang dapat menjadikan kondisi laju reaksi lebih cepat dua kali. Dari data yang telah didapatkan permodelan orde satu tidak sesuai model kinetika adsorpsi, karena nilai R^2 tidak mendekati angka satu.

Persamaan kinetika orde dua umumnya digunakan untuk menggambarkan laju proses adsorpsi yang mengontrol keseluruhan mekanisme kinetika adsorpsi. Model kinetika orde kedua semu bergantung pada kemampuan mengadsorpsi setiap fase padat, model kinetika orde kedua (Haryanto dkk., 2023) yaitu:

$$\frac{t}{qt} = \frac{1}{k_2 qe^2} + \frac{1}{qe} t$$



Gambar 9. Pseudo Orde-2 pada Adsorben, Air Sungai Bagian Atas



Gambar 10. Pseudo Orde-2 pada Adsorben, Air Sungai Bagian Bawah

Permodelan pseudo orde kedua air sungai bagian atas ditunjukkan pada Gambar 9, diperoleh hasil pada massa 3 gram di pagi atas diperoleh $R^2 = 0,9986$, di siang atas diperoleh $R^2 = 0,9978$, di malam atas diperoleh $R^2 = 0,9997$. Pada Gambar 10 permodelan pseudo orde kedua didapatkan hasil pada massa 3 gram, di pagi bawah diperoleh $R^2 = 0,9982$, di siang hari diperoleh $R^2 = 0,9987$, dan di malam hari bagian atas $R^2 = 0,9985$.

Proses adsorpsi menggunakan arang aktif berukuran 100 mesh menunjukkan kecenderungan mengikuti model kinetika pseudo orde dua. Orde dua, suatu reaksi yang kelajuannya berbanding lurus dengan hasil kali konsentrasi dua reaktannya atau berbanding langsung dengan kuadrat konsentrasi salah satu reaktannya. Dari data

yang didapatkan permodelan orde-2 sesuai dengan moden kinetika adsorpsi, dibuktikan dengan nilai R^2 yang mendekati angka satu. Model kinetika adsorpsi pada orde-2 bagian atas yaitu, $y = 1,3968x + 3,1965$ dan bagian bawah $y = 1,2511x + 5,2248$. Nilai slope yang didapat pada model kinetika merupakan nilai dari q_e , nilai intercept pada model kinetika merupakan nilai k_2 . Dari permodelan orde-2 yang didapat, diperkirakan konstanta laju adsorpsi air Sungai bagian atas yaitu 0,6119 dan bagian bawah 0,2996.

4. KESIMPULAN

Pelepah sawit terkarbonasi memiliki struktur pori kasar dan tidak teratur akibat degradasi selulosa yang menyebabkan lepasnya pengotor. Penggunaan adsorben ini menghasilkan pH akhir 6,7 dan TDS 182 ppm, menunjukkan peningkatan kualitas air Sungai Siak. Kekeruhan terendah setelah penambahan 3 gram adsorben 100 mesh terjadi pada pagi hari, yaitu 16,8 NTU (bagian atas) dan 21,7 NTU (bagian bawah), dipengaruhi minimnya aktivitas masyarakat. Hasil kinetika adsorpsi menunjukkan proses mengikuti model orde dua dengan koefisien korelasi mendekati satu, menandakan hubungan linear kuat dan melibatkan reaksi kimia. Konstanta laju adsorpsi yang didapatkan dari permodelan orde-2 yaitu, bagian atas 0,6119 dan bagian bawah 0,2996 ppm.

5. REFERENSI

- Anggriani, U. M., Hasan, A., & Purnamasari, I. (2021). Kinetika Adsorpsi Karbon Aktif Dalam Penurunan Konsentrasi Logam Tembaga (Cu) Dan Timbal (Pb) Kinetic Adsorption Of Ativated Carbon In Decreasing Concentrations Of Copper (Cu) And Lead (Pb) Metals. 12(02), 29–37.
- Assaury, G. D., Ahnaf, S. K., & Arinanda, A. T. (2023). Pembuatan Arang Aktif Dari Gambut Hasil Pirolisis Katalitik Dengan Aktivator NaCl. 19(1), 29–34.
- Botahala, L. (2022). ISBN : 9786230251177 | Category : buku referensi.
- Bumi, L. F., & Fisika, J. (2014). Dari Tinjauan Fisis Dan Kimia. 3(3), 191–197.
- Damayanti, K. I., & Hermawan, R. (2021). Sintesis Arang Aktif Dari Kulit Singkong Sebagai Adsorben Ion Fe. Jurnal Chemtech, 7(1), 13–16. <https://ejurnal.lppmunsera.org/index.php/Chemtech/article/view/3395>
- Darajat, Z., & Septiani, M. (2023). Pengaruh Waktu Aktivasi Terhadap Karakterisasi Arang Aktif Tongkol Jagung dengan Menggunakan Aktivator H₂ SO₄. 3(1), 8–15.
- Ermal, D. A. S., Satria, Y., Legawati, L., Maarasyid, C., Annisa Fithry, D., Aulia Rahmi, V., & Sari, D. (2024). *Pemanfaatan Tulang Ikan Patin (Pangasius sp.) sebagai Adsorben untuk Penjernihan Air Gambut*. 11, 625–629. <https://doi.org/10.37859/jst.v11i2.8331>
- Fajrin, H. R., Zakiyyah, U., & Supriyadi, K. (2020). Alat Pengukur Ph Berbasis Arduino. Medika Teknika : Jurnal Teknik Elektromedik Indonesia, 1(2). <https://doi.org/10.18196/mt.010207>
- Firman, Taufik, Kusyanto, & Nisa, C. (2018). Pemanfaatan Cangkang Buah Karet Sebagai Bahan Baku Pembuatan Arang Aktif. Prosiding Seminar Hasil Penelitian, 2018(li), 110–115.
- Fithry, D. A., Jusnita, J., Legawati, L., Ermal, D. A. S., & Prayogo, H. (2023). Review dalam Pembuatan Arang Aktif Berbasis Limbah Pertanian Dengan Microwave. Jurnal Teknik Industri Terintegrasi, 6(1), 216–224. <https://doi.org/10.31004/jutin.v6i1.15632>
- Haryanto, B., Batubara, F., Ginting, E. T., Situmorang, D. A. D., & Alexander, V. (2023). Study on Adsorption Capacity of Corn Stalks in Decreasing the Turbidity of Babura River Water With Batch Operation. EUREKA, Physics and Engineering, 4262.2023.003010 2023(5), 21–34. <https://doi.org/10.21303/2461>
- Issue, V., Fithry, D. A., Haryanto, B., Febrisma, A., Hutabarat, A., & Affandi, R. (2024). JUTIN : Jurnal Teknik Industri Terintegrasi Perbedaan Massa dan RPM Terhadap Adsorben Karbon Pelepah Sawit pada Pemurnian Minyak Jelantah. 7(2), 681–688.
- Keypad, M., & Arduino, B. (2022). Skripsi Elsyana Tanpa Pembahasan.
- Khofifah, K., & Utami, M. (2022). Analisis Kadar Total Dissolved Solid (TDS) dan Total Suspended Solid (TSS) Pada Limbah Cair Dari Industri Gula Tebu. Indonesian Journal of Chemical <https://doi.org/10.20885/ijcr.vol7.iss1.art6> Research, 7(1), 43–49.
- Kustiyaningsih, E., & Irawanto, R. (2020). Pengukuran Total Dissolved Solid (TDS) Dalam Fitoremediasi Deterjen Dengan TUMBUHAN Sagittaria lancifolia. Jurnal Tanah Dan Sumberdaya Lahan, 7(1), 143–148. <https://doi.org/10.21776/ub.jtsl.2020.007.1.18>
- Masyithah, C., Aritonag, B., & Gultom, E. (2018). Pembuatan Arang Aktif Dari Limbah Kulit Durian Sebagai Adsorben Pada Minyak Goreng Bekas Untuk Menurunkan Kadar Asam Lemak Bebas Dan Bilangan Peroksida. Jurnal Kimia Saintek Dan Pendidikan, 11(2), 66–75.

- Meilianti, M. (2020). Pembuatan Karbon Aktif Dari Arang Tongkol Jagung Dengan Variasi Konsentrasi Aktivator Natrium Karbonat (Na_2CO_3). *Jurnal Distilasi*, 5(1), 14. <https://doi.org/10.32502/jd.v5i1.3025>
- Muhdarina, M., Nurhayati, N., Pahlepi, M. R., Pujiana, Z., & Bahri, S. (2020). Penyiapan Arang Aktif Pelepah Kelapa Sawit sebagai Adsorben Asam Lemak Bebas dari CPO (Crude Palm Oil). *Al-Kimiya*, 7(1), 7–13. <https://doi.org/10.15575/ak.v7i1.6497>
- Murtaja, S., & Amin, B. (2017). Evaluasi kualitas perairan Sungai Siak di wilayah Kota Pekanbaru berdasarkan kandungan nitrat, posfat dan kelimpahan diatom. 1, 83–88.
- Neneng Purnamawati. (2023). Uji KUALITAS SINTESIS KARBON AKTIF DARI PELEPAH AREN TERAKTIVASI ASAM FOSFAT. *Journal of Research and Education Chemistry*, 5(2), 120. [https://doi.org/10.25299/jrec.2023.vol5\(2\).15225](https://doi.org/10.25299/jrec.2023.vol5(2).15225)
- Pramesti, D. S., & Puspikawati, S. I. (2020). Analysis of Turbidity Test Bottled Drinking Water In Banyuwangi District. *Preventif : Jurnal Kesehatan Masyarakat*, 11(2), 75–85. <https://doi.org/10.22487/preventif.v11i2.59>
- Prayogatama, A., & Kurniawan, T. (2022). Modifikasi Karbon Aktif dengan Aktivasi Kimia dan Fisika Menjadi Elektroda Superkapasitor. *Jurnal Sains Dan Teknologi*, 11(1), 47–58. <https://dx.doi.org/10.23887/jst-undiksha.v11i1>
- Purwanti, A. (2021). Dasar-dasar Perancangan Reaktor.
- Sahara, E.-, Sulihingtyas, W. D., & Mahardika, I. P. A. S. (2017). Pembuatan Dan Karakterisasi Arang Aktif Dari Batang Tanaman Gumitir (*Tagetes erecta*) Yang Diaktivasi Dengan H_3PO_4 . <https://doi.org/10.24843/jchem.2017.v11.i01.p01> *Jurnal Kimia*, 1–9.
- Semarang, S. A. (2023). Laporan Pengukuran pH Pada Air Acellator Berbasis IoT Di IPA PT. Tirta Gajah Mungkur Semarang.
- Transaminase, S., & Urat, K. A. (2021). 1. Pendahuluan. 4(1), 65–72. Universitas, L., & Medan, N. (2021). Kerajinan Tas. September, 457–461.
- Wulandari, D. D., Koesnarpadi, S., & Hindryawati, N. (2024). *Adsorption of Methylene Blue using Composite Fe₃O₄-Activated Charcoal Cassava Skin (Manihot esculenta C.)*. 21(2), 103–115. <https://jurnal.kimia.fmipa.unmul.ac.id/index.php/JKM>