



Pengaruh Variasi Aktivator $ZnCl_2$ dan $NaOH$ terhadap Efisiensi Adsorpsi Karbon Aktif dari Kayu Cempedak (*Artocarpus Champeden*) sebagai Adsorben dalam Limbah Sasirangan

Lutfiana Marisa*, Anisah Mukarramah, Alvian Ikhsanul Fatya

Tadris Kimia, Universitas Islam Negeri Antasari Banjarmasin, Indonesia

*e-mail: lutfianamarisa1803@gmail.com

Info Artikel

Genesis Artikel:

Received: 30 April 2024

Accepted: 24 Juli 2024

Published: 26 Juli 2024

Keywords:

ZnCl₂ & NaOH activators; Activated carbon cempedak; Sasirangan waste

Kata Kunci:

Aktivator $NaOH$ & $ZnCl_2$; Karbon aktif cempedak; Limbah sasirangan

DOI: 10.18592/ak.v3i2.12671

ABSTRACT

Sasirangan is a batik originating from South Kalimantan. The batik industry produces cloudy and concentrated liquid waste, so efforts are needed to reduce the negative impacts. The manufacture of cempedak wood activated carbon has been carried out. This research aims to determine the adsorption efficiency of cempedak wood active carbon on sasirangan waste using the UV-Vis test. Cempedak wood activated carbon is made using a carbonation and activation process. The activators used in the research are basic and neutral compounds, namely $NaOH$ and $ZnCl_2$. The research results showed that cempedak wood activated carbon with $ZnCl_2$ activator showed a higher adsorption efficiency value of 31% compared to the $NaOH$ activator whose adsorption efficiency value was 2%. Based on the observation results, it can be concluded that cempedak wood activated carbon with $ZnCl_2$ activator is more effective than $NaOH$ activator.

ABSTRAK

Sasirangan merupakan batik yang berasal dari Kalimantan Selatan. Industri batik menghasilkan limbah cair yang keruh dan pekat. Maka perlu adanya upaya mengurangi dampak negatif. Pembuatan karbon aktif kayu cempedak telah dilakukan. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan efisiensi adsorpsi karbon aktif kayu cempedak terhadap limbah sasirangan dengan menggunakan uji UV-Vis. Pembuatan karbon aktif kayu cempedak dilakukan dengan melalui proses karbonasi dan aktivasi. Aktivator yang digunakan dalam penelitian adalah senyawa basa dan netral yaitu $NaOH$ dan $ZnCl_2$. Hasil penelitian menunjukkan bahwa karbon aktif kayu cempedak dengan aktivator $ZnCl_2$ menunjukkan nilai efisiensi adsorpsi lebih tinggi yakni sebesar 31% dibandingkan dengan aktivator $NaOH$ yang nilai efisiensi adsorpsinya sebesar 2%. Berdasarkan hasil pengamatan dapat disimpulkan karbon aktif kayu cempedak dengan aktivator $ZnCl_2$ lebih efektif dibandingkan dengan aktivator $NaOH$.

PENDAHULUAN

Sasirangan merupakan kain batik khas dari Kalimantan Selatan yang masih banyak diproduksi skala rumahan (Nainggolan et al., 2022). Ciri khas batik sasirangan adalah pada proses pewarnaannya yang berbeda dari batik pada umumnya, yaitu dengan menjahit atau menjelujur kain kemudian dicelupkan pada pewarna (Siregar & Fahrudin, 2020).

Limbah cair merupakan permasalahan dari setiap industri, semakin berkembang industri maka semakin banyak pula limbah yang dihasilkan. Limbah yang dibiarkan terus menerus tanpa proses pengolahan akan menimbulkan bau, warna dan rasa (Huda et al., 2020). Industri batik seperti batik sasirangan yang terdapat di Kalimantan Selatan merupakan industri yang menghasilkan limbah cair keruh, berwarna dan pekat yang berasal dari pewarna dalam proses pewarnaan batik sasirangan. Zat pewarna yang digunakan pada pembuatan batik pada umumnya tidak dapat terdegradasi di alam yang akan mengganggu lingkungan dikarenakan zat warna pekat yang digunakan merupakan zat organik (Febrianti et al., 2023).

Berdasarkan penelitian Nainggolan et al., (2022) limbah cair dari industri batik Sasirangan skala rumahan dibuang ke lingkungan tanpa proses pengolahan terlebih dahulu. Hal ini menyebabkan kualitas air tanah menurun karena limbah sasirangan yang dibuang mengalir dan menyerap ke dalam tanah. Menurut Siregar & Fahrudin, (2020) pengolahan limbah cair yang dihasilkan dari industri batik sasirangan perlu untuk diperhatikan karena meningkatnya jumlah pengrajin yang juga berdampak pada jumlah limbah cair yang dihasilkan. Hal ini juga disebabkan penggunaan bahan kimia sebagai pewarna batik yang dapat menimbulkan dampak negatif bagi lingkungan. Berdasarkan hasil penelitian Santoso et al., (2014) limbah cair sasirangan mengandung logam berat seperti kromium dan kadmium. Logam berat ini berasal dari pewarna yang digunakan dalam proses pembuatan sasirangan, logam berat termasuk dalam bahan anorganik yang sulit terdegradasi di alam. Septya & Pauzi, (2024) menyatakan bahwa sungai yang ada di Kalimantan telah terkontaminasi logam berat yang dilihat dari kerusakan jaringan ikan hasil tangkapan, hal ini dapat menyebabkan resiko kesehatan manusia karena terjadinya bioakumulasi pada siklus rantai makanan.

Quran surah Al-Baqarah ayat (2) : 30 menegaskan bahwa manusia diberikan amanah dan tanggung jawab sebagai khalifah dimuka bumi, oleh sebab itu seorang muslim harus menyadari bahwa dirinya diciptakan untuk menjalankan fungsinya salah satunya berbuat baik pada alam dan makhluk hidup sebagai wujud dari ketaatan kepada perintah Allah dan Rasulullah (Hasibuan, 2021). Hal inilah yang menjadi landasan pengolahan limbah cair batik Sasirangan sebagai upaya mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan sebagai bentuk ketaatan kepada Allah dan Rasulullah sebagai khalifah dimuka bumi.

Terdapat banyak cara untuk mengatasi limbah cair salah satunya menggunakan karbon aktif (Martini et al., 2020). Karbon aktif dapat digunakan sebagai adsorben (Efiyanti et al., 2022). Karbon aktif adalah karbon yang memiliki luas permukaan berkisar 200 hingga 2000 m²/g (Huda et al., 2020). Karbon aktif memiliki kandungan karbon berkisar 85-95% yang dimanfaatkan sebagai adsorben atau sebagai media untuk menyaring dan menyerap senyawa-senyawa pengotor seperti pewarna sintesis (Martini et al., 2020). Proses pembuatan karbon aktif dilakukan dengan melakukan karbonasi pada bahan berkarbon atau selulosa kemudian diaktivasi agar luas permukaan pori karbon aktif meningkat. Efektivitas karbon aktif tergantung berdasarkan proses aktivasinya, dikarenakan aktivator yang digunakan akan

menyebabkan meningkatnya luas permukaan pori karbon aktif sehingga daya serapnya (adsorpsi) meningkat. Karbon aktif dapat digunakan sebagai adsorben karena struktur porinya berhubungan dengan luas permukaan (Saputro et al., 2020). Karbon aktif banyak dimanfaatkan dalam bidang industri sebagai adsorben untuk menjernihkan air (Mustafa et al., 2023).

Berdasarkan penelitian Huda et al., (2020) menyatakan salah satu cara menanggulangi masalah limbah cair dari industri batik adalah dengan pengolahan limbah cair dengan metode adsorpsi menggunakan adsorben karbon aktif.

Salah satu tumbuhan khas Kalimantan Selatan yang cocok untuk dijadikan karbon aktif adalah tanaman cempedak, cempedak memiliki nama latin *Artocarpus champeden* merupakan tanaman buah tropis yang berasal dari famili Moraceae yang sangat familiar di pulau Kalimantan (Lemmens et al., 1995). Berikut klasifikasi tanaman cempedak

Tabel 1. Klasifikasi Tanaman Cempedak

Kingdom	Plantae
Sub kingdom	Tracheobionta
Super Divisi	Spermatophyta
Divisi	Magnoliophyta
Kelas	Magnoliopsida
Sub Kelas	Dilleniidae
Ordo	Urticales
Famili	Moraceae
Genus	<i>Artocarpus</i>
Spesies	<i>Artocarpus champeden</i>

Sumber : (Iksan, 2022)

Umumnya cempedak tumbuh di hutan hujan dataran rendah beriklim lembab dan tumbuh dengan baik pada ketinggian > 500 mdpl (Verheij & Coronel, 1997). Batang pohon cempedak sering dijumpai lurus dan silindris, tinggi pohonnya dapat mencapai \pm 15 m dengan diameter \pm 40 cm (Heyne, 1987). Pucuk dan ranting-ranting tanaman cempedak terdapat bulu-bulu halus dan kaku, daunnya mirip dengan tanaman nangka namun memiliki bulu-bulu yang kasar (Jansen, 1997). Kayu cempedak memiliki komponen kimia yang tersusun dari holoselulosa atau selulosa dan hemiselulosa serta lignin yang terdapat pada dinding sel dan zat ekstraktif yang terdapat pada rongga sel (Fengel & Wegener, 1995). Kayu cempedak memiliki kadar holoselulosa sebesar 61,18%, selulosa 42,53% dan sisanya merupakan zat lain. Bahan-bahan yang mengandung karbon dapat digunakan sebagai karbon aktif (Pambayun et al., 2013). Oleh karena itu kayu cempedak dapat digunakan sebagai karbon aktif karena mengandung holoselulosa dan selulosa yang terdiri dari rantai karbon.

Penelitian Sa'diyah & Lusiani, (2022) menyebutkan hasil karakteristik karbon aktif yang dihasilkan dipengaruhi oleh jenis aktivator yang digunakan. Suliesyah & Astuti, (2021) menyatakan bahwa karbon aktif dari batu bara dengan aktivator $ZnCl_2$ dengan konsentrasi 12,5 ppm menunjukkan hasil serapan sebesar 97,4% terhadap zat warna methylene blue. Sedangkan menurut Fatimah & Astuti, (2023) karbon aktif dari sabut kelapa dengan aktivator NaOH 4 N memberikan efisiensi sebesar 70,89% terhadap Cu dan 71,54% terhadap kation Fe. Penelitian ini dilakukan menggunakan dua variasi aktivator yang berbeda yaitu $ZnCl_2$ dan NaOH yang bertujuan untuk mengetahui kualitas karbon aktif terbaik yang dihasilkan.

Berdasarkan pembahasan diatas karbon aktif dari kayu cempedak dengan variasi aktivator yaitu $ZnCl_2$ dan $NaOH$ berpotensi untuk menjadi adsorben dalam limbah sasirangan.

METODE

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah pemotong kayu, saringan ukuran 100 mesh, pemantik api, neraca analitik, oven, gelas kimia, corong, gelas ukur, pipet tetes, mortar dan alu, spatula, cawan petri dan spektrofotometer UV-Vis merk Orion AquaMate 8100.

Sedangkan bahan yang digunakan meliputi kayu cempedak, larutan natrium hidroksida ($NaOH$) 0,1 M, larutan zink klorida ($ZnCl_2$) 0,1 M, aquadest, kertas saring, *methylene blue*, dan limbah sasirangan.

Pre-Treatment Bahan Baku

Tahap ini dilakukan dengan mengambil kayu cempedak yang diperoleh dari pohon cempedak yang telah ditebang dan telah kering agar memudahkan proses karbonisasi, kemudian dipotong menjadi bagian lebih kecil.

Proses Karbonisasi

Karbonisasi merupakan tahapan aktivasi arang aktif secara fisika (Astari et al., 2022). karbonisasi dilakukan dengan membuat lubang pada tanah, kemudian menyalakan api dengan bantuan kertas dan serpihan kayu cempedak, kemudian kayu cempedak diletakkan diatasnya sambil terus dikipas agar api tetap hidup dan semakin membesar, ketika kayu cempedak sudah mulai terbakar kemudian ditutup dengan tanah agar tidak banyak udara yang masuk dan panasnya merata serta kayu cempedak tetap menjadi arang tidak menjadi abu, jika telah menjadi arang keluarkan dari lubang agar dingin.

Aktivasi Karbon Aktif

Arang dihaluskan dan disaring menggunakan ukuran 100 mesh dan ditimbang sebanyak 50 gram untuk masing-masing aktivator kemudian diaktivasi dengan direndam menggunakan 50 mL aktivator $NaOH$ dan $ZnCl_2$ dengan konsentrasi 0,1 M selama 22 jam, disaring menggunakan kertas saring untuk mengurangi kadar air kemudian dicuci menggunakan aquadest untuk menetralkan pH nya dan menghilangkan mineral-mineral yang masih menempel pada karbon aktif, karbon aktif harus memiliki pH netral agar tidak ada perubahan pH atau kontaminasi yang dapat mengganggu pH sampel atau larutan yang diuji untuk meminimalisir kesalahan data (Nurhadi et al., 2020). Selanjutnya dikeringkan menggunakan oven pada suhu $110^{\circ}C$ selama ± 1 jam dan didinginkan.

Analisa Daya Serap Indikator *Metilen Blue*

Karbon aktif ditimbang sebanyak 1 g dan dimasukkan dalam gelas kimia, dimasukkan 50 mL *methylene blue* 20 ppm kemudian diaduk dan didiamkan selama 30 menit dan 1 g karbon aktif yang direndam pada 40 mL limbah sasirangan selama ± 18 jam.

Uji Spektrofotometri UV-Vis

Uji Spektrofotometri UV-Vis dilakukan dengan mengambil masing-masing larutan *methylene blue* dan limbah sasirangan yang telah ditambah karbon aktif menggunakan pipet dan dimasukkan kedalam kuvet kemudian kuvet dimasukkan kedalam spektrofotometri UV-Vis untuk melihat adsorpsinya.

Analisis Data

Analisis data yang dilakukan pada penelitian ini adalah mencari efisiensi adsorpsi untuk mengetahui efisiensi adsorpsi karbon aktif kayu cempedak dalam *methylene blue* dan sampel limbah cair batik sasirangan berdasarkan persamaan sebagai berikut:

$$E_A = \frac{C_0 - C_1}{C_0} \times 100\%$$

Nilai C_0 (mg/L) adalah konsentrasi awal larutan blangko, C_1 (mg/L) adalah konsentrasi setelah penambahan karbon aktif kayu cempedak.

HASIL DAN PEMBAHASAN

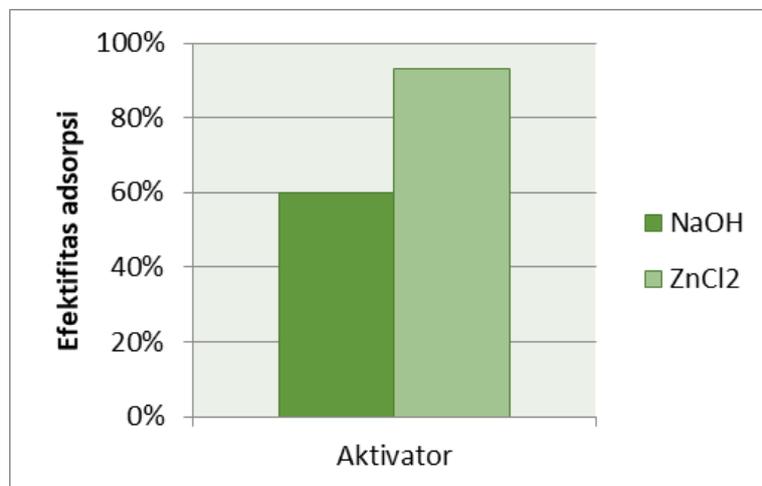
Analisis Daya Serap

Efisiensi adsorpsi dicari menggunakan persamaan $E_a = \frac{C_0 - C_1}{C_0} \times 100\%$ (Alam et al., 2021), hasilnya disajikan sebagai berikut.

Tabel 2. Efisiensi Adsorpsi Karbon Aktif

Aktivator	m (g)	C_0 (ppm)	C_1	Ea
NaOH	1,00	20	8,076	60%
ZnCl ₂	1,00	20	1,422	93%

Diagram efisiensi adsorpsi karbon aktif dengan aktivator ZnCl₂ dan NaOH pada *methylene blue* disajikan pada Gambar 1. sebagai berikut.



Gambar 1. Diagram Efisiensi Adsorpsi Karbon Aktif pada Indikator *Metilen Blue*

Uji daya serap *methylene blue* bertujuan untuk mengetahui dan mengukur daya serap atau kemampuan karbon aktif dari kayu cempedak dalam mengadsorpsi adsorbat dengan ukuran molekul (Febrianti et al., 2023). Daya serap dari karbon aktif ditunjukkan berdasarkan nilai adsorbansi yang muncul pada spektrofotometri UV-Vis. Berdasarkan Gambar 1. menunjukkan karbon aktif menggunakan aktivator $ZnCl_2$ lebih efektif menyerap *methylene blue* hal ini menunjukkan karbon atau arang yang berinteraksi dengan aktivator $ZnCl_2$ menyebabkan luas permukaan karbon lebih besar dibandingkan menggunakan aktivator NaOH (Berliany et al., 2023). Merujuk pada penelitian Saputro et al., (2020) maka, aktivator $ZnCl_2$ mampu meningkatkan luas permukaan pori karbon aktif sehingga daya serapnya (adsorpsi) meningkat.

Aktivasi karbon aktif dapat membentuk gugus fungsi baru, terbentuknya gugus fungsi ini disebabkan karena pada permukaan karbon terjadi interaksi radikal bebas dengan atom oksigen, nitrogen atau atom lainnya, yang berasal dari proses pengolahan, oleh karena itu permukaan karbon aktif secara kimiawi menjadi reaktif (Roni & Martini, 2021)

Daya serap karbon aktif dengan aktivator $ZnCl_2$ lebih efektif dibandingkan dengan aktivator NaOH ini sesuai dengan penelitian Fatimah & Astuti, (2023); Suliesyah & Astuti, (2021) yang menunjukkan bahwa karbon aktif dengan aktivator $ZnCl_2$ menunjukkan efisiensi adsorpsi sebesar 97,4% lebih tinggi dibandingkan dengan aktivator NaOH yaitu sebesar 70-71%.

Efisiensi adsorpsi limbah batik sasirangan tidak dapat menggunakan rumus $E_a = \frac{C_0 - C_1}{C_0} \times 100\%$ karena dalam limbah sasirangan terdapat banyak zat warna dan tidak diketahui konsentrasinya sehingga tidak dapat diolah larutan standar/blanko. Oleh sebab itu efisiensi adsorpsi harus diukur dengan cara menurunkan rumusnya, yaitu menggunakan persamaan berikut.

$$E_A = \frac{A_0 - A_1}{A_0} \times 100\%$$

Persamaan ini merupakan turunan dari persamaan berikut

$$A_1 = \varepsilon \cdot b \cdot C_1 \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$\frac{A_1}{\varepsilon \cdot b} = C_1$$

$$C_1 = \frac{A_1}{\varepsilon \cdot b}$$

$$C_0 = \frac{A_0}{\varepsilon \cdot b}$$

$$E_A = \frac{C_0 - C_1}{C_0} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (2)$$

$$E_A = \frac{\frac{A_0}{\varepsilon \cdot b} - \frac{A_1}{\varepsilon \cdot b}}{\frac{A_0}{\varepsilon \cdot b}} \times 100\%$$

Karena nilai ε dan b tetap maka, diperoleh sebagai berikut:

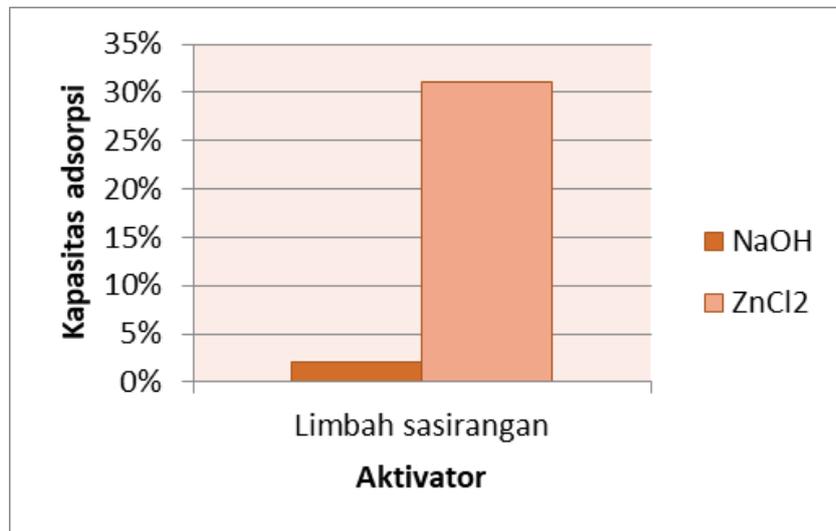
$$E_A = \frac{A_0 - A_1}{A_0} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (3)$$

Nilai A_0 (mg/L) adalah absorbansi awal larutan blangko, A_1 (mg/L) adalah absorbansi setelah penambahan karbon aktif kayu cempedak (Fatimah & Astuti, 2023) pada limbah sasirangan, disajikan sebagai berikut.

Tabel 3. Efektifitas Adsorpsi Karbon Aktif

Aktivator	m (g)	A_0	A_1	E_a
NaOH	1,00	1,633	1,600	2%
ZnCl ₂	1,00	1,633	1,129	31%

Diagram kapasitas adsorpsi karbon aktif aktivator ZnCl₂ dan NaOH pada limbah sasirangan disajikan pada Gambar 2. sebagai berikut.



Gambar 2. Diagram Efisiensi Adsorpsi Karbon Aktif pada Limbah Sasirangan

Berdasarkan Gambar 2. di atas menunjukkan efektifitas adsorpsi karbon aktif dengan aktivator ZnCl₂ jauh lebih tinggi dibandingkan dengan aktivator NaOH. Hal ini sesuai dengan Gambar 1 dimana daya serap karbon aktif ketika menggunakan sampel methylene blue, aktivator ZnCl₂ lebih efektif dibandingkan dengan aktivator NaOH, hal ini sesuai dengan penelitian Berliany et al., (2023); Fatimah & Astuti, (2023) yang menunjukkan efektifitas aktivator ZnCl₂ lebih tinggi dibandingkan NaOH.

Berdasarkan Tabel 2 dan 3 terdapat perbedaan daya serap terhadap *methylene blue* dan limbah sasirangan, dimana pada karbon aktif aktivator ZnCl₂ efisiensi adsopsinya sebesar 93% pada *methylene blue* dan 31% pada limbah sasirangan sedangkan pada aktivator NaOH efisiensi adsopsinya sebesar 60% pada *methylene blue* dan 2% pada limbah sasirangan.

Perbedaan daya serap ini dimungkinkan adanya banyak pengotor dan zat warna dalam limbah sasirangan sehingga menghambat daya kerja karbon aktif, namun dimungkinkan konsentrasi awal limbah sasirangan tinggi karena warna limbah yang digunakan sangat pekat. Sejalan dengan penelitian Khair et al., (2021) yang menyatakan bahwa limbah sasirangan

menghasilkan warna pekat dengan konsentrasi tinggi karena pewarna yang digunakan. Hal ini juga disebabkan tidak adanya pengukuran konsentrasi awal pada limbah sasirangan sehingga tidak diketahui konsentrasi awal limbah, Berdasarkan penelitian Berliany et al., (2023); Suliesyah & Astuti, (2021) menyatakan bahwa konsentrasi awal sampel atau limbah mempengaruhi daya serap karbon aktif karena efisiensi adsorpsi akan semakin berkurang seiring tingginya konsentrasi zat warna.

SIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang dilakukan efisiensi adsorpsi yang sangat efektif adalah dengan aktivator $ZnCl_2$ dengan daya serap pada indikator *methylene blue* terbaik sebesar 93% pada konsentrasi 20 ppm dan efisiensi adsorpsi pada limbah sasirangan sebesar 31% dibandingkan dengan menggunakan aktivator NaOH yang efisiensi adsorpsi pada *methylene blue* sebesar 60% pada konsentrasi 20 ppm dan pada limbah sasirangan sebesar 2%.

REFERENSI

- Alam, S., Khan, M. S., Bibi, W., Zekker, I., Burlakovs, J., Ghangrekar, M. M., Bhowmick, G. D., Kallistova, A., Pimenov, N., & Zahoor, M. (2021). Preparation of Activated Carbon from the Wood of *Paulownia tomentosa* as an Efficient Adsorbent for the Removal of Acid Red 4 and Methylene Blue Present in Wastewater. *Water*, 13(11), 1453. <https://doi.org/10.3390/w13111453>
- Astari, L., Daulay, A. H., & Lubis, R. Y. (2022). Karbon Aktif Tempurung Buah Nipah (*Nypa fruticans*) Menggunakan Aktivator NaCl. *JoP*, 8(1).
- Berliany, N. A., Hidayat, N. A., & Budiastuti, H. (2023). Pengaruh konsentrasi aktivator NaOH terhadap kinerja karbon aktif kulit kacang tanah sebagai adsorben fosfat dalam limbah laundry. *Jurnal Teknik Kimia*, 29(2), 54 - 61.
- Efiyanti, L., Paramasari, A., Hastoeti, P., Setiawan, D., Hastuti, N., Sari, R., & Iryani, A. (2022). (The Characterization and Adsorption Properties of Sulfonated Carbon from Andong Bamboo with Different Particle Sizes). *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, 40(2), 115–124.
- Fatimah, S., & Astuti, Y. (2023). Pembuatan Karbon Aktif Berbahan Dasar Sabut Kelapa dengan Aktivator H_2SO_4 dan NaOH sebagai Adsorben Kation Fe dan Cu dalam Limbah Cair Batik Kebumen. *Greensphere: J. Environ. Chem*, 3(1), 1 - 8
- Febrianti, C., Ulfah, M., & Kusumastuti, K. (2023). Pemanfaatan Ampas Kopi sebagai Bahan Karbon Aktif untuk Pengolahan Air Limbah Industri Batik. *agriTECH*, 43(1), 1. <https://doi.org/10.22146/agritech.68014>
- Fengel, D., & Wegener, G. (1995). *Kayu: Kimia, Ultrastruktur, Reaksireaksi*. Gadjah Mada University Press.
- Hasibuan, A. (2021). Memahami Manusia sebagai Khalifah Allah. *ANSIRU PAI: Pengembangan Profesi Guru Pendidikan Agama Islam*, 5(1), 34. <https://doi.org/10.30821/ansiru.v5i1.9793>
- Heyne, K. (1987). *Tumbuhan Berguna Indonesia, Jilid II*. Yayasan Sarana Wana Jaya.

- Huda, S., Ratnani, R. D., & Kurniasari, L. (2020). Karakterisasi Karbon Aktif dari BAmbu Ori (Bambusa Arundinacea) yang di Aktivasi menggunakan Asam Klorida (HCl). *Jurnal Inovasi Teknik Kimia*, 5(1). <https://doi.org/10.31942/inteka.v5i1.3397>
- Iksan, P. (2022). Pengaruh Pemberian Ekstrak Kulit Buah Cempedak (*Artocarpus integer*) terhadap Pencegahan Penurunan Kadar Hemoglobin pada Tikus Putih Jantan yang dipapar Asap Rokok. *Program Studi Pendidikan Dokter Fakultas Kedokteran Dan Ilmu Kesehatan Universitas Jambi*.
- Jansen, P. (1997). *Artocarpus integer (Thunb)*.
- Khair, R. M., Prihatini, N. S., Apriani, & Pramaningsih, V. (2021). Penurunan Konsentrasi Warna Limbah Cair Sasirangan menggunakan Adsorben Limbah Padat Limpur Aktif Teraktivasi Industri Karet. *Jukung : Jurnal Teknik Lingkungan*. 7(1), 74–84.
- Lemmens, R. H. M. J., Soerianegara an, I., & Wong, W. C. (1995). *Plant Resources of South-East Asia 5(2) Timber trees: Minor commercial timbers*. Prosea.
- Martini, S., Yuliwati, E., & Kharismadewi, D. (2020). Pembuatan Teknologi Pengolahan Limbah Cair Industri. *Jurnal Distilasi*, 5(2), 26–33.
- Mustafa, Firman, Sirajuddin, Wahyudi, & Muh.Amin. (2023). Pengaruh Aktivator HCl, H₃PO₄, NH₄Cl Terhadap Kualitas Karbon Aktif dari Tempurung Kelapa. *Majalah Teknik Industri*, 31(1), 33–40. <https://doi.org/10.61844/majalahteknikindustri.v31i1.669>
- Nainggolan, I., Yasmi, Z., & Dharmaji, D. (2022). Efektivitas Pemanfaatan dan Laju Pertumbuhan Relatif. *Aquatic*, 5(2), 203–212.
- Nurhadi, F. . F., Kurniaty, N., & Aprilia, H. (2020). Karakterisasi Karbon Aktif yang Trebuat dari Kulit Pisang Nangka (*Musa sp. L*) untuk dijadikan Kandidat Adsorben yang Efektif. *Prosiding Farmasi*, 6(2).
- Pambayun, G. s, Yulianto, R. Y. E., Rachimoellah, M., & Putri, E. M. M. (2013). *Pembuatan Karbon Aktif dari Arang Tempurung Kelapa dengan Aktivator ZnCl₂ dan Na₂CO₃ sebagai Adsorben untuk Mengurangi Kadar Fenol dalam Air Limbah*. 2(1), 116–120.
- Roni, K. A., & Martini, S. (2021). Analisis Adsorben Arang Aktif Sekam Padi dan Kulit Pisang Kepok untuk Pengolahan Air Sungai Gasing, Talang Kelapa Kabupaten Banyuasin Sumatera Selatan. *Jurnal Konversi*, 10(2), 13–18. <https://doi.org/jurnal.umj.ac.id/index.php/konversi>
- Sa'diyah, K., & Lusiani, C. E. (2022). Kualitas Karbon Aktif Kulit Pisang Kepok Menggunakan Aktivator Kimia dengan Variasi Konsentrasi dan Waktu Aktivasi. *Jurnal Teknik Kimia dan Lingkungan*, 6(1), 9–19. <https://doi.org/10.33795/jtkl.v6i1.259>
- Santoso, U., Mahreda, E. S., Shadiq, F., & Biyatmoko, D. (2014). *Pengolahan Limbah Cair Sasirangan melalui Kombinasi Metode Filtrasi dan Fitoremediasi Sistem Lahan Basah Buatan menggunakan Tumbuhan Air yang Berbeda*. 10, 157–170.
- Saputro, E. A., Wulan, V. D. R., Winata, B. Y., Ramadhan, R., & Erliyanti, N. K. (2020). The Process of Activated Carbon from Coconut Shells Through Chemical Activation. *Natural Science*, 9(1).
- Septya, L., & Pauzi, R. Y. (2024). Potensi dan Ancaman Kesehatan Masyarakat Kalimantan dari Bioakumulasi Logam Berat pada Ikan Sungai. *Journal of Biotropical Research and Nature Technology*. 2(2), 93–102.

- Siregar, S. S., & Fahrudin, A. E. (2020). Penerapan Teknologi Filtrasi Alami dalam Pengolahan Limbah Cair Sasirangan di NDF Sasirangan Desa Sei Tiung Kecamatan Cempaka Banjarbaru. *Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat*, 2, 103–108.
- Suliesyah, S., & Astuti, A. D. (2021). Optimasi Aktivator ZnCl₂ dalam Pembuatan Karbon Aktif dari Batubara dan Pengujian Karbon Aktif sebagai Adsorben. *Jurnal Penelitian dan Karya Ilmiah Lembaga Penelitian Universitas Trisakti*, 6(2), 191–201. <https://doi.org/10.25105/pdk.v6i2.9525>
- Verheij, E., & Coronel, R. (1997). *Sumber Daya Nabati AsiaTenggara. No. 2. Buah-Buahan yang Dapat Dimakan*. PT Gramedia Pustaka Utama.