

PENGARUH AKTIVASI NaOH DAN HCl PADA ARANG AKTIF BUAH BINTARO (*Cerbera manghas*) TERHADAP KAPASITAS ADSORPSI ZAT WARNA METIL JINGGA

Abed Nego Purba¹, Elma Trikasiarta Hutabarat¹, Marvin Horale Pasaribu^{1*}

¹Program Studi Kimia, Universitas Palangka Raya, Palangkaraya, Kalimantan Tengah, Indonesia

*Penulis korespondensi: marvin.pasaribu@mipa.upr.ac.id

ABSTRAK

Limbah industri merupakan salah satu sumber pencemaran di lingkungan yang dapat menyebabkan berbagai permasalahan ekosistem dan kesehatan, dimana salah satunya adalah limbah zat warna. Buah bintaro merupakan salah satu buah yang kaya akan karbohidrat, tetapi memiliki sifat toksik sehingga saat ini belum dimanfaatkan. Buah bintaro memiliki potensi sebagai sumber karbon aktif. Dalam penelitian ini buah bintaro dipreparasi melalui perlakuan fisika dengan proses pemanasan pada suhu 400°C selama 5 jam dan aktivasi kimia dengan penambahan asam (HCl) dan basa (NaOH). Kajian penyerapan zat warna metil jingga oleh karbon aktif dari buah bintaro dilakukan dengan variasi parameter waktu dan konsentrasi zat warna. Dimana dalam penelitian ini dihasilkan kondisi optimum penyerapan metil jingga oleh karbon aktif teraktivasi HCl pada 60 menit sebesar 10,36% sedangkan dengan aktivator NaOH pada waktu 90 menit sebesar 33,44%. Kondisi optimum penerapan zat warna oleh karbon aktif teraktivasi HCl tercapai pada konsentrasi 40 ppm dengan penyerapan sebesar 2,90 mg/L sedangkan teraktivasi NaOH tercapai pada konsentrasi 50 ppm dengan penyerapan sebesar 15,06 mg/L. Berdasarkan hasil penelitian diperoleh penyerapan zat warna metil jingga oleh karbon aktif teraktivasi NaOH lebih baik dibandingkan dengan HCl, serta menunjukkan bahwa karbon aktif dari buah bintaro memiliki potensi sebagai adsorben zat warna metil jingga

Kata kunci; limbah zat warna, buah bintaro(*Cerbera manghas*), metil jingga, karbon aktif.

1 PENDAHULUAN

Sektor industri manufaktur menjadi salah satu sektor yang mengalami perkembangan pesat. Pada tahun 2022, pertumbuhan ekonomi nasional dalam sektor industri mencapai angka 5,31 persen (Kharismatika & Utomo, 2024). Sektor industri manufaktur di Indonesia didominasi oleh subsektor, seperti industri tekstil, industri makanan, dan lain-lain (Harahap et al., 2023). Industri tekstil menjadi pendorong perekonomian nasional. Seiring dengan pertumbuhan industri tekstil, kebutuhan terhadap zat warna juga meningkat secara signifikan yang berakibat pada peningkatan jumlah limbah zat warna hasil produksi sehingga sektor ini berpotensi mencemari lingkungan (Wantoputri et al., 2021). Pada proses pewarnaan tekstil dalam rentang 100-200 mg/L dimana hanya 50% zat warna saja yang terserap dan sisanya akan dibuang menjadi limbah (Oktaviani & Takwanto, 2023). Zat warna sangat berbahaya bagi kesehatan manusia, lingkungan dan ekosistem akuatik karena sifatnya yang beracun dan karsinogenik (Ismail et al., 2019). Zat warna yang banyak digunakan dalam industri tekstil adalah metil jingga. Metil jingga merupakan salah satu senyawa organik dengan rumus $C_{14}H_{14}N_3NaO_3S$ yang diaplikasikan dalam banyak industri tekstil, kertas dan laboratorium kimia (Sulistyawati et al., 2020).

Tumbuhan bintaro dapat ditemukan di kawasan rawa dan tepi sungai (Hardiansyah & Noorhidayati, 2020). Tumbuhan ini tumbuh subur di daerah Kalimantan terutama Kalimantan Tengah. Tumbuhan

ini dikenal dengan buahnya yang sangat toksik sehingga masyarakat jarang dimanfaatkan (Putri et al., 2022). Buah bintaro yang dianggap sebagai limbah lingkungan ternyata memiliki kandungan karbohidrat yang tinggi, sehingga dapat dimanfaatkan sebagai karbon aktif (Sitanggang et al., 2022). Buah bintaro mengandung selulosa yang terdapat pada kulit sebesar 19,08%, serabut 50,01%, dan tempurung 52,59% (Hasan et al., 2016).

Karbon aktif adalah material dengan pori-pori banyak dan permukaan besar, sehingga sangat efisien dalam menyerap kotoran, racun, dan zat kimia dari udara maupun cairan. Pembuatan karbon aktif dari buah bintaro melibatkan pemanasan biji buah pada suhu tinggi tanpa kehadiran oksigen, proses ini dikenal sebagai pirolisis. Dalam proses ini karbohidrat akan terurai menjadi karbon murni dengan struktur berpori dengan porositas yang tinggi sehingga meningkatkan kapasitas penyerapan (Amalina et al., 2022). Penggunaan adsorben untuk menghilangkan pewarna metil jingga dari air limbah merupakan aplikasi penting dalam bidang pengolahan air limbah (Nur'aini et al., 2023). Adsorpsi merupakan proses penyerapan zat tertentu dari suatu larutan, seperti pewarna, logam berat, atau senyawa organik lainnya (Firmanto et al., 2021). Dalam kasus penyerapan zat warna metil jingga, adsorben bertindak sebagai agen penyerap yang mengikat zat warna dalam larutan. Proses adsorpsi zat warna metil jingga oleh adsorben melibatkan interaksi antara permukaan adsorben dengan molekul zat warna. Interaksi ini dapat dipengaruhi oleh berbagai faktor, termasuk kimia adsorben, sifat fisik pewarna, pH larutan, dan kondisi lingkungan lainnya (Fitriansyah et al., 2021). Dengan menggunakan adsorben yang tepat dan mengoptimalkan proses adsorpsi, pewarna metil jingga dapat dihilangkan secara efektif dan efisien dari air limbah.

Penelitian tentang adsorben zat warna metil jingga yang pernah dilakukan oleh Pratiwi et al (2020) dimana adsorben tersebut diperoleh dari *nata de coco* pada waktu kontak optimum 60 menit dengan efisiensi adsorpsi hingga 44,66% dan kapasitas adsorpsi sebesar 0,2066 mg/g. Penelitian lainnya yang dilakukan oleh Ariyanto et al (2021) tentang adsorpsi limbah zat warna metil jingga menggunakan karbon aktif dari cangkang ketapang didapatkan pada waktu kontak optimum 15 menit kapasitas adsorpsi optimum sebesar 3,77 mg/g dengan pH 4,2. Berdasarkan uraian di atas, maka dalam penelitian ini akan dibuat suatu adsorben limbah zat warna metil jingga menggunakan karbon aktif yang bersumber dari buah bintaro. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kapasitas adsorpsi dari karbon aktif yang telah diaktivasi dan pengaruh waktu kontak optimum.

2 METODE

2.1 Alat dan Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah buah bintaro, metil jingga, akuades, larutan NaOH, larutan HCl, dan kertas saring *Whatman*. Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi spektrofotometer UV-Vis, oven, *furnance*, ayakan 100 mesh, *sentrifugator*, *shaker rotator*, dan mortar.

2.2 Cara Kerja

2.2.1 Presparasi Sampel

Pembuatan karbon aktif buah bintaro pertama dilakukan dengan cara membersihkan sampel bahan alam dengan air bersih dan dikeringkan di bawah sinar matahari selama 48 jam. Kemudian sampel dipotong halus dan dikeringkan dalam oven pada suhu 105°C selama 4 jam. Setelah itu sampel diarangkan dengan *furnace* pada suhu 400°C selama 5 jam, Sampel dihaluskan dengan mortar dan disaring menggunakan ayakan 100 mesh hingga diperoleh partikel halus. serbuk sampel kemudian

direndam masing-masing kedalam larutan HCl 0,5 M dan NaOH 0,5 M dengan perbandingan 1:20 (b/v) selama 24 jam, dilanjutkan dengan proses pencucian dengan akuades hingga pH netral (pH =7), dan kemudian disaring menggunakan kertas saring. tahap selanjutnya sampel dikeringkan dalam oven pada suhu 65°C selama 12 jam.

2.2.2 Penentuan Waktu Kontak Optimum Untuk Adsorpsi Metil Jingga Pada Karbon Aktif

Sebanyak 0,2 gram karbon aktif ditambahkan kedalam 20 mL larutan metil jingga 30 ppm. Campuran diaduk menggunakan *shaker rotator* dengan kecepatan 160 rpm dengan variasi waktu kontak 30, 60, 90, 120, 150, dan 180 menit. Selanjutnya, residu padat dipisahkan dari larutan dengan sentrifugasi. Konsentrasi metil jingga dalam larutan diukur menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 464 nm.

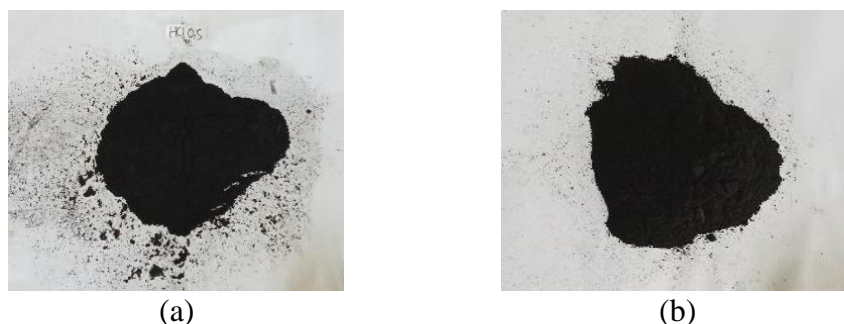
2.2.3 Penentuan Konsentrasi Optimum Adsorpsi Metil Jingga Pada Karbon Aktif

Sebanyak 0,2 gram karbon aktif ditambahkan kedalam 20 mL larutan metil jingga dengan variasi konsentrasi 10, 20, 30, 40, 50, 60 ppm, waktu reaksi disesuaikan berdasarkan waktu kontak optimum. Campuran diaduk menggunakan *shaker rotator* dengan kecepatan 160 rpm. filtrat dan residu kemudian dipisahkan dari campuran dengan cara sentrifugasi. Konsentrasi metil jingga dalam larutan diukur menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 464 nm.

3 HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Aktivasi Karbon Aktif

Langkah awal dalam penelitian ini adalah pembuatan karbon aktif dari buah bintaro. Preparasi dilakukan berdasarkan proses aktivasi secara fisika yaitu dengan cara pemanasan sampel pada suhu 400°C guna menghasilkan senyawa karbon berpori dari sampel buah bintaro, yang dilanjutkan dengan proses aktivasi secara kimia yaitu dengan cara penambahan asam dan basa encer (HCl dan NaOH) guna memperbesar luas permukaan dan menghilangkan pengotor pada permukaan sehingga meningkatkan sifat adsorpsi pada karbon aktif (Cahyani et al., 2024). Proses selanjutnya dengan pencucian dengan akuades hingga pH netral untuk menghilangkan sisa asam dan basa yang masih menempel pada permukaan. Setelah itu pengeringan sampel guna menghilangkan kandungan air yang tertinggal pada sampel karbon aktif.

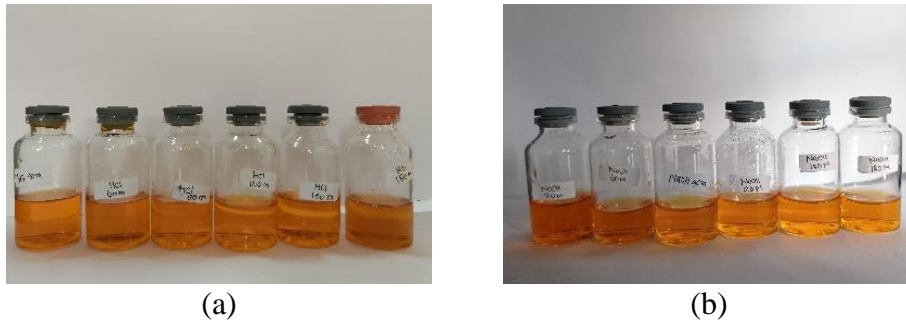


Gambar 1. Sampel Karbon aktif (a) aktivasi dengan HCl (b) aktivasi dengan NaOH

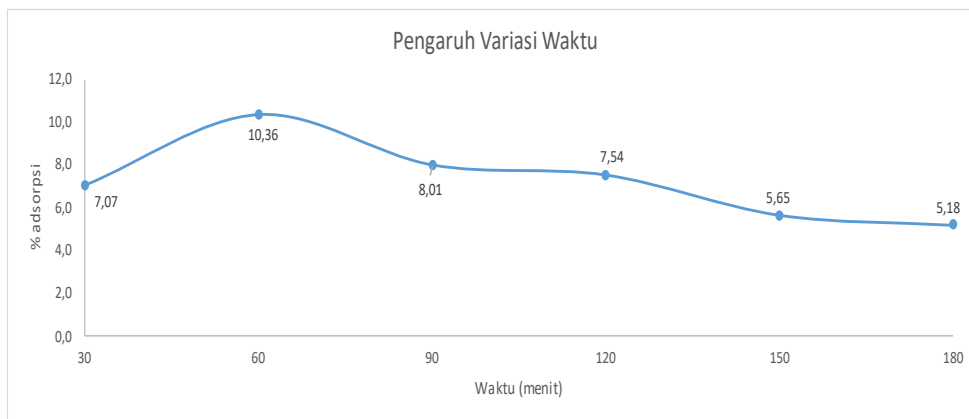
3.2 Penentuan Waktu Optimum Adsorpsi Metil Jingga Pada Karbon Aktif

Kapasitas adsorpsi merupakan parameter yang menunjukkan banyaknya adsorbat yang mampu diimbun oleh sebuah adsorben, biasanya dalam satuan (mg/g). Beberapa parameter yang digunakan dalam mengamati karakteristik adsorpsi yaitu waktu kontak dan konsentrasi adsorbat.

Dalam penentuan waktu optimum adsorpsi metil jingga oleh karbon yang teraktivasi HCl dan NaOH menggunakan variasi waktu 30, 60, 90, 120, 150, dan 180 menit seperti yang ditunjukkan pada gambar 2, 3 dan 4.

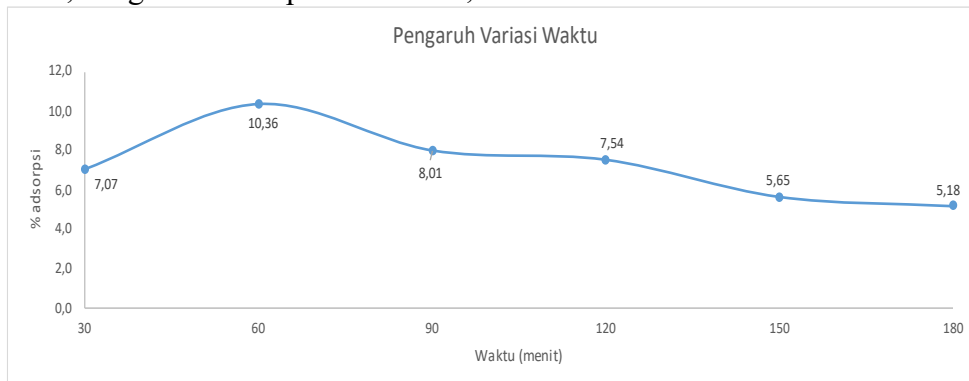


Gambar 2. Penyerapan zat warna metil jingga berdasarkan variasi waktu pada karbon aktif (a) aktivasi dengan HCl (b) aktivasi dengan NaOH



Gambar 3. Variasi waktu adsorpsi metil jingga dengan karbon teraktivasi HCl

Berdasarkan gambar di atas, hasil pengukuran adsorpsi metil jingga dengan karbon teraktivasi HCl diperoleh hasil bahwa terjadi kenaikan efisiensi adsorpsi metil jingga seiring bertambahnya waktu kontak hingga 60 menit, kemudian setelah itu terjadi penurunan adsorpsi hingga waktu 180 menit. Waktu optimum penyerapan metil jingga dengan karbon teraktivasi HCl yang di dapatkan pada waktu 60 menit, dengan % adsorpsi sebesar 10,36%.



Gambar 4. Variasi waktu adsorpsi metil jingga dengan karbon teraktivasi NaOH

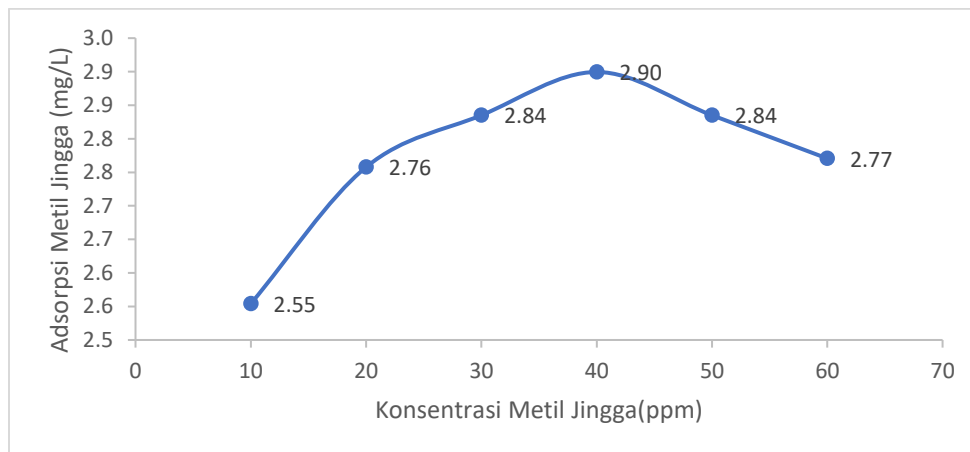
Pada gambar 4 diperoleh hasil efisiensi adsorpsi pada metil jingga dalam suasana basa terjadi peningkatan adsorpsi seiring bertambahnya waktu hingga waktu 90 menit dengan hasil % penyerapan optimum sebesar 33,44%. kemudian terjadi penurunan penyerapan setelah waktu 90 menit hingga 180 menit. Sehingga waktu optimum penyerapan metil jingga oleh karbon aktif teraktivasi NaOH didapatkan pada waktu 90 menit. Waktu kontak adsorben dan adsorbat ini memungkinkan interaksi yang cukup antara sisi aktif pada permukaan karbon aktif dengan molekul metil jingga. Kemudian waktu pengadukan yang lebih lama menyebabkan terjadinya penurunan penyerapan yang diakibatkan oleh partikel-partikel metil jingga saling bertumbukan sehingga sebagian partikel yang telah menempel kemudian terlepas kembali dari permukaan karbon aktif (Pasaribu et al., 2024).

3.3 Penentuan Konsentrasi Optimum Adsorpsi Metil Jingga Pada Karbon Aktif

Pada penentuan konsentrasi optimum adsorpsi metil jingga pada karbon buah bintang teraktivasi HCl dan NaOH di uji dengan menggunakan variasi konsentrasi metil jingga yaitu 10, 20, 30, 40, 50, dan 60 ppm. Waktu penyerapan yang dilakukan pada waktu adsorpsi optimum yaitu selama 60 menit untuk karbon teraktivasi HCl dan 90 menit untuk karbon teraktivasi NaOH. Hasil analisa ditunjukkan pada gambar 5, 6 dan 7 di bawah ini.



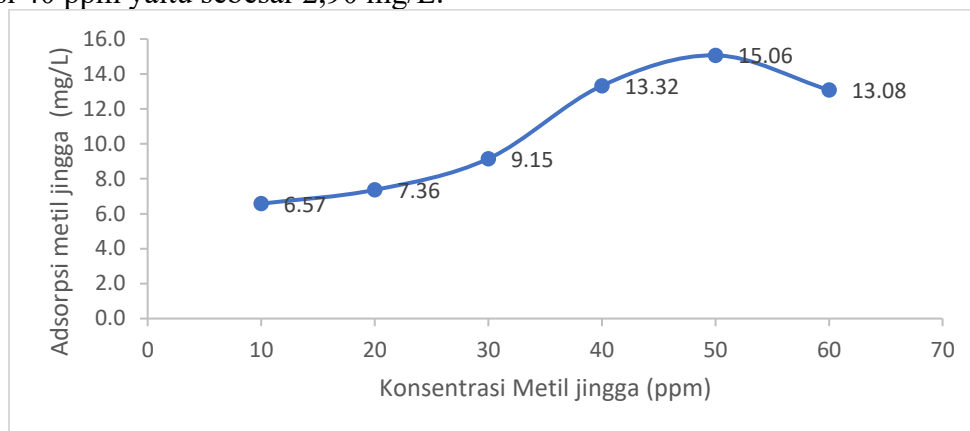
Gambar 5. Penyerapan zat warna metil jingga berdasarkan variasi konsentrasi pada karbon aktif (a) aktivasi dengan HCl (b) aktivasi dengan NaOH



Gambar 6. Variasi konsentrasi metil jingga pada karbon teraktivasi HCl

Berdasarkan pengukuran pada gambar 6 menunjukkan bahwa hasil penyerapan pada karbon aktif teraktivasi asam (HCl) terjadi peningkatan penyerapan zat warna metil jingga seiring bertambahnya konsentrasi metil jingga dari 10 hingga 40 ppm, kemudian terjadi penurunan serapan

setelah konsentrasi tersebut hingga 60 ppm. Dimana penyerapan maksimum metil jingga pada konsentrasi 40 ppm yaitu sebesar 2,90 mg/L.



Gambar 7. Variasi konsentrasi metil jingga pada karbon teraktivasi NaOH

Gambar 7 menunjukkan hasil pengukuran penyerapan zat warna pada karbon teraktivasi NaOH pada variasi konsentrasi metil jingga, dimana terjadi kenaikan konsentrasi penyerapan dengan bertambahnya konsentrasi metil jingga dan mencapai puncak pada konsentrasi 50 ppm, kemudian terjadi penurunan serapan hingga konsentrasi 60 ppm. Hasil penyerapan maksimum pada konsentrasi 50 ppm yaitu teradsorpsi sebanyak 15,06 mg/L. Berdasarkan hasil penelitian diperoleh bahwa penyerapan zat metil jingga terhadap karbon aktif bergantung pada konsentrasi. Penyerapan maksimum zat warna metil jingga dengan konsentrasi 40 ppm pada karbon teraktivasi HCl dan konsentrasi 50 ppm pada karbon teraktivasi NaOH menunjukkan bahwa pada konsentrasi tersebut telah terjadi keadaan kesetimbangan antara molekul zat warna dengan permukaan adsorben (Pasaribu et al., 2023). Peningkatan kembali konsentrasi zat warna mengakibatkan terjadinya penurunan adsorpsi, Hal ini diakibatkan oleh adanya persaingan antara gaya kohesi dan adhesi antara zat warna metil jingga dengan permukaan karbon aktif yang teraktivasi asam dan basa.

Berdasarkan hasil analisa waktu kontak dan pengaruh konsentrasi zat warna, dapat diketahui bahwa penyerapan zat warna metil jingga oleh karbon aktif dengan aktivator basa (15,06 mg/L) memiliki penyerapan yang lebih optimum daripada dengan aktivator asam 2,90 mg/L. Faktor ini kemungkinan besar disebabkan oleh karbon aktif yang diaktifkan dengan basa, yang memiliki lebih banyak pori dengan ukuran lebih kecil dibandingkan dengan yang diaktifkan dengan asam (Efiyanti et al., 2020).

4 SIMPULAN

Buah bintaro memiliki potensi sebagai sumber karbon aktif yang dapat digunakan sebagai adsorben zat warna metil jingga dimana kemampuan penyerapannya dapat ditingkatkan dengan penambahan aktivator asam dan basa. Pembuatan karbon aktif teraktivasi asam dan basa dilakukan melalui proses fisika dan kimia. Dalam penelitian tentang penyerapan zat warna metil jingga oleh karbon aktif didapatkan hasil yang berbeda pada kedua jenis aktivator berdasarkan waktu kontak dan pengaruh konsentrasi zat warna. Dimana hasil yang didapatkan menunjukkan penyerapan zat warna metil jingga dengan aktivator basa memiliki penyerapan yang lebih baik daripada aktivator asam. Karbon aktif teraktivasi HCl mampu mengadsorpsi hingga 10,36% metil jingga pada waktu optimum 60 menit, serta penyerapan maximum sebesar 2,90 mg/L pada konsentrasi 40 ppm. Sedangkan karbon aktif teraktivasi NaOH mampu mengadsorpsi hingga 33,44% metil jingga pada

waktu optimum 90 menit, serta penyerapan maximum sebesar 15,06 mg/L pada konsentrasi 50 ppm. Sehingga karbon aktif dengan aktivator NaOH terbukti lebih efektif dalam mengadsorpsi metil jingga dibandingkan aktivator HCl.

DAFTAR PUSTAKA

- Amalina, F., Syukor Abd Razak, A., Krishnan, S., Sulaiman, H., Zularisam, A. W., & Nasrullah, M. (2022). Advanced techniques in the production of biochar from lignocellulosic biomass and environmental applications. *Cleaner Materials*, 6, 100137. <https://doi.org/10.1016/j.clema.2022.100137>
- Ariyanto, E., Lestari, D. D., & Kharismadewi, D. (2021). Analisa Kemampuan Dan Kinetika Adsorpsi Karbon Aktif Dari Cangkang Ketapang Terhadap Zat Warna Metil Oranye. *Jurnal Dinamika Penelitian Industri*, 32(2), 166–178.
- Cahyani, R. R., Krissilvio, E. J., Pasaribu, M. H., & Toepak, E. P. (2024). Potensi Arang Aktif Apu-Apu (*Salvinia molesta*) sebagai Bioadsorben Terhadap Zat Warna Metil Jingga. *Jurnal Cendekia Kimia*, 02. <https://e-journal.upr.ac.id/index.php/bohr/>
- Efiyanti, L., Wati, S. A., & Maslahat, M. (2020). Pembuatan dan Analisis Karbon Aktif dari Cangkang Buah Karet dengan Proses Kimia dan Fisika. *Jurnal Ilmu Kehutanan*, 14(1), 94. <https://doi.org/10.22146/jik.57479>
- Firmanto, R. P., Rr. Diah Nugrahaeni Setyowati, & Dedy Suprayogi. (2021). Kemampuan Adsorben dari Limbah Serbuk Gergaji Kayu Jati terhadap Penurunan Kandungan Timbal (Pb) pada Limbah Cair dengan menggunakan Sistem Batch. *Journal of Research and Technology*, 7(2), 197–206. <https://doi.org/10.55732/jrt.v7i2.305>
- Fitriansyah, A., Amir, H., & Elvinawati, E. (2021). Karakterisasi Adsorben Karbon Aktif Dari Sabut Pinang (*Areca catechu*) Terhadap Kapasitas Adsorpsi Zat Warna Indigosol Blue 04-B. *Alotrop*, 5(1), 42–54. <https://doi.org/10.33369/atp.v5i1.16485>
- Harahap, N. A. P., Al Qadri, F., Harahap, D. I. Y., Situmorang, M., & Wulandari, S. (2023). Analisis Perkembangan Industri Manufaktur Indonesia. *El-Mal: Jurnal Kajian Ekonomi & Bisnis Islam*, 4(5), 1444–1450. <https://doi.org/10.47467/elmal.v4i5.2918>
- Hardiansyah, H., & Noorhidayati, N. (2020). Wahana-Bio: Jurnal Biologi dan Pembelajarannya. *Wahana-Bio: Jurnal Biologi Dan Pembelajarannya*, 12(2), 70–83. <https://doi.org/10.20527/wb.v19i1>
- Hasan, R., Tedja, T., Riani, E., & Sugiarti, S. (2016). Pengaruh Aktivasi Fisika dan Kimia Arang Aktif Buah Bintaro terhadap Daya Serap Logam Berat Krom. *BIOPROPAL INDUSTRI*, 7(1), 35–45.
- Ismail, M., Akhtar, K., Khan, M. I., Kamal, T., Khan, M. A., M. Asiri, A., Seo, J., & Khan, S. B. (2019). Pollution, Toxicity and Carcinogenicity of Organic Dyes and their Catalytic Bio-Remediation. *Current Pharmaceutical Design*, 25(34), 3645–3663. <https://doi.org/10.2174/1381612825666191021142026>
- Kharismatika, F. A., & Utomo, R. B. (2024). Pengaruh Leverage, Likuiditas, Dan Pertumbuhan Penjualan Terhadap Profitabilitas Pada Perusahaan Manufaktur Subsektor Rokok. *Jurnal Ilmiah Manajemen, Ekonomi, & Akuntansi (MEA)*, 8(2), 498–516. <https://doi.org/10.31955/mea.v8i2.4049>
- Nur'aini, S., Arsyad, F. S., Setyabudidaya, D., Soerya, B., & Lia Sari, B. R. (2023). Review Sifat-sifat dan Karakteristik Fotokatalitik Fe₃O₄/SiO₂/TiO₂ Untuk Mengatasi Polusi Air. *Jurnal Penelitian Sains*, 25(2), 180. <https://doi.org/10.56064/jps.v25i2.849>

- Oktaviani, S. W., & Takwanto, A. (2023). Pemanfaatan Daun Ketapang Sebagai Bio Adsorben Zat Warna Rhodamin B Teraktivasi Asam Sitrat Secara Mechanochemical. *DISTILAT: Jurnal Teknologi Separasi*, 8(4), 723–731. <https://doi.org/10.33795/distilat.v8i4.467>
- Pasaribu, M. H., Karelius, K., Agnestisia, R., Toepak, E. P., & Pereiz, Z. (2024). Potential Of Magnetite (Fe₃O₄) Synthesized From Zircon Sand Waste As Methylen Blue Dye Adsorbent. *Jurnal Inovasi Teknik Kimia*, 9(2), 98–107.
- Pasaribu, M. H., Karelius, K., Ramdhani, E. P., Agnestisia, R., Pereiz, Z., & Toepak, E. P. (2023). Synthesis of Mil-100(Fe)₃O₄ Composite using Zircon Mining Magnetic Waste as an Adsorbent for Methylene Blue Dye. *BIO Web of Conferences*, 70, 02010. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20237002010>
- Pratiwi, S. W., Sari, S. N., Nurmalasari, R., & Indriani, M. (2020). Utilization of Nata De Coco as Adsorben in Methyl Orange Adsorption. *EduChemia (Jurnal Kimia Dan Pendidikan)*, 5(2), 187. <https://doi.org/10.30870/educhemia.v5i2.7977>
- Putri, S. E., Dharmono, D., & Irianti, R. (2022). Kajian Etnobotani Cerbera manghas (Bintaro) Pada Masyarakat Dayak Bakumpai Desa Bagus Kabupaten Barito Kuala Sebagai Buku Ilmiah Populer. *JUPEIS: Jurnal Pendidikan Dan Ilmu Sosial*, 1(4), 139–152. <https://doi.org/10.57218/jupeis.Vol1.Iss4.376>
- Sitanggang, E. P. O., Kholiza, N., & Ivontianti, W. D. (2022). Efektivitas Pengolahan Air Gambut Kota Pontianak dengan Adsorpsi Menggunakan Karbon Aktif dari Cangkang Buah Bintaro (Cerbera manghas). *JURNAL ENVIROTEK*, 14(2), 182–187. <https://doi.org/10.33005/envirotek.v14i2.253>
- Sulistiyawati, E., Nandari, W. W., Nurchasanah, A. R., & Dewi, K. K. (2020). Kinetika Adsorpsi Mikrokapsul Kitosan Taut Silang Kalium Persulfat terhadap Zat Warna Methyl Orange. *Jurnal Rekayasa Proses*, 14(1). <https://doi.org/10.22146/jrekpros.50634>
- Wantoputri, N. I., Helmy, Q., & Notodarmojo, S. (2021). Textile Wastewater Post Treatment Using Ozonation. *Jurnal Presipitasi : Media Komunikasi Dan Pengembangan Teknik Lingkungan*, 18(1), 56–63. <https://doi.org/10.14710/presipitasi.v18i1.56-63>