

POTENSI ARANG AKTIF BUAH BINTARO (*Cerbera manghas*) TERAKTIVASI NaOH DAN HCl SEBAGAI ADSORBEN ZAT WARNA METIL MERAH

Joy Angel Aria Suma¹, Revalina Oktaviani¹, Marvin Horale Pasaribu^{1*}

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

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

ABSTRAK

Industri tekstil menghasilkan limbah cair yang mengandung zat warna metil merah, senyawa yang beracun dan berdampak negatif terhadap lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi potensi karbon aktif buah bintaro (*Cerbera manghas*) sebagai adsorben untuk menghilangkan zat warna metil merah. Karbon aktif dari buah bintaro disintesis melalui aktivasi fisika dengan pemanasan pada 400°C, diikuti dengan aktivasi kimia menggunakan HCl dan NaOH 1 N. Efektivitas adsorpsi zat warna metil merah dipelajari dengan mengkaji berbagai parameter, termasuk variasi waktu kontak dan konsentrasi zat warna. Hasil penelitian menunjukkan bahwa adsorpsi metil merah menggunakan karbon aktif bintaro yang teraktivasi HCl optimal pada waktu kontak 120 menit, dengan persentase adsorpsi mencapai 40,0%. Sedangkan untuk aktivasi dengan NaOH, waktu kontak optimal adalah 60 menit dengan persentase adsorpsi 53,6%. Analisis variasi konsentrasi zat warna metil merah menunjukkan bahwa adsorpsi optimal terjadi pada konsentrasi 40 ppm. Kapasitas adsorpsi yang dicapai untuk aktivasi HCl dan NaOH adalah 12,88 mg/g dan 16,75 mg/g, berturut-turut. Berdasarkan penelitian ini, karbon aktif buah bintaro (*Cerbera manghas*) menunjukkan potensi yang menjanjikan sebagai adsorben yang efektif dan ramah lingkungan untuk menghilangkan zat warna metil merah dari limbah cair tekstil.

Kata kunci: adsorben, karbon aktif, buah bintaro (*Cerbera manghas*), zat warna metil merah.

1 PENDAHULUAN

Industri zat warna di Indonesia telah mengalami pertumbuhan yang mencolok dalam beberapa tahun terakhir. Zat warna adalah bahan kimia yang diaplikasikan untuk memberikan warna pada berbagai produk, termasuk tekstil, makanan, dan minuman (Desnita, 2022). Pertumbuhan industri ini tidak dapat dipisahkan dari peningkatan sektor manufaktur dan tekstil di Indonesia. Faktor globalisasi dan meningkatnya permintaan pasar domestik juga menjadi peran penting dalam perkembangan industri dengan meningkatnya populasi yang besar dan sumber daya alam yang melimpah (Pratiwi, 2020). Indonesia memiliki potensi besar untuk mengembangkan berbagai sektor industri. Salah satu sektor yang mencatat pertumbuhan signifikan adalah industri zat warna, seperti pewarna tekstil, cat, tinta, serta berbagai aplikasi industri lainnya. Berbagai macam zat warna sintesis mulai diperkenalkan dan digunakan secara luas, menggantikan dominasi pewarna alami yang sebelumnya mendominasi pasar. Meskipun industri zat warna di Indonesia berkembang dengan cepat, sektor ini masih menghadapi sejumlah masalah yang signifikan. Masalah utama yang dihadapi adalah masalah lingkungan yang berkaitan dengan pengelolaan limbah produksi.

Limbah zat warna merupakan salah satu masalah serius yang dihadapi oleh industri tekstil dan manufaktur di Indonesia. Proses produksi zat warna seringkali menghasilkan limbah yang berpotensi mencemari lingkungan jika tidak dikelola dengan baik. Limbah cair yang tidak dikelola dan pengelolaan yang tepat dapat merusak kualitas sumber air (Priya, 2011). Limbah yang dihasilkan oleh industri tekstil memiliki potensi tinggi untuk mencemari lingkungan. Hal

ini disebabkan oleh kandungan bahan pencemar yang kompleks serta intensitas warna yang tinggi pada air limbah tekstil tersebut. Bahan pewarna yang terkandung dalam limbah tekstil merupakan komponen utama yang menurunkan kualitas air. Beberapa jenis bahan pewarna memiliki sifat toksik dan dapat menyebabkan efek karsinogenik serta mutagenik terhadap ekosistem perairan dan kesehatan manusia (Agustina, 2012). Sehingga pengelolaan limbah zat warna memerlukan strategi yang komprehensif dan penerapan teknologi yang sesuai. Beberapa pendekatan pengelolaan limbah yang digunakan mencakup proses fisik, kimia, dan biologis. Metode fisik seperti adsorpsi menggunakan karbon aktif terbukti efektif dalam mengurangi warna serta menghilangkan kandungan bahan kimia berbahaya dalam air (Susmanto et al., 2020).

Metode adsorpsi merupakan proses dimana molekul zat warna ditarik dan terikat pada permukaan adsorben. Dimana proses ini sangat efektif untuk menghilangkan zat warna dari air limbah, karena dapat mengurangi konsentrasi polutan ke tingkat yang sangat rendah. Berbagai bahan telah diuji sebagai adsorben, termasuk karbon aktif, zeolit, tanah liat, dan bahan alami seperti serbuk gergaji, kulit buah, dan limbah pertanian. Salah satu adsorben yang umum digunakan adalah karbon aktif yang memiliki luas permukaan yang besar dan memiliki kapasitas adsorpsi yang tinggi. Karbon aktif, atau sering juga disebut arang aktif, adalah salah satu bahan yang memiliki struktur pori-pori yang besar dan luas permukaan yang sangat tinggi. karbon aktif sangat efektif dalam menyerap berbagai zat kimia dari lingkungan sekitarnya (Agusdin & Setiorini, 2020.)

Karbon aktif terbentuk melalui proses aktivasi dari bahan-bahan karbon yang kaya akan karbon, seperti batu bara, tempurung kelapa, atau bahkan serat-serat organik lainnya (Ikhtiar Bakti & Massang Lumembang, 2023.). Salah satu bahan alam yang dapat dimanfaatkan sebagai karbon aktif adalah buah bintaro. Buah Bintaro (*Cerbera manghas*) merupakan tumbuhan non-pangan karena mengandung senyawa cerberin yang memiliki sifat toksik. Tumbuhan ini termasuk dalam jenis mangrove yang berasal dari daerah tropis di Asia, di Kalimantan Tengah, pohon Bintaro tumbuh subur di lahan rawa dan sepanjang tepian sungai, memberikan kontribusi penting terhadap ekosistem lokal sebagai penahan erosi dan habitat satwa liar. Meskipun memiliki sifat toksik buah Bintaro memiliki potensi sebagai bahan baku biodiesel melalui proses hidrolisis, ekstraksi, dan distilasi. Selain itu buah Bintaro juga dapat menjadi bahan baku alternatif karbon aktif pengganti tempurung kelapa. Buah Bintaro mengandung sekitar 58,5% lignin dan 41,8% selulosa, yang berpotensi sebagai bahan baku arang aktif karena keduanya merupakan polimer kompleks yang tersusun atas karbon, hidrogen, dan oksigen (Tedja et al., 2016.). Karbon aktif yang dihasilkan dari buah bintaro memiliki porositas tinggi dan luas permukaan yang besar, yang membuatnya sangat efektif dalam menyerap zat-zat kimia dan polutan dari lingkungan (Mutia & Dwi Fahyuan, 2019).

Menurut penelitian yang pernah dilakukan oleh (Neolaka et al., 2023.) adsorpsi zat warna metil merah pada adsorben menggunakan *Hydrochar* tempurung kelapa dianalisis berdasarkan pengukuran optimasi waktu, waktu optimum *Hydrochar* teraktivasi HCl adalah di 10 menit dengan massa adsorben 1 g dengan kapasitas adsorpsi sebesar 0,614mg/g. Pada Penelitian (Tu et al., 2023) kapasitas adsorpsi TiO_2/AC yang bersumber dari karbon aktif sekam padi dalam sistem tunggal dan trinari masing-masing 0,806 dan 2,04 pada zat warna metil merah sedangkan pada penelitian Penelitian (Sayed et al., 2024) adsorpsi Metil Merah (MR) dan Metil Oranye (MO) pada karbon aktif (AC) dan komposit $ZnO@AC$ yang berasal dari serbuk gergaji kayu mencapai efisiensi maksimal dengan kapasitas adsorpsi yang diestimasi sebesar 35,45 mg/g pada AC dan pada komposit $ZnO@AC$ sebesar 43,81 mg/g. sehingga dengan

adanya pemanfaatan buah bintaro ini sebagai karbon aktif dapat membantu mengurangi permasalahan lingkungan dan pemanfaatan buah bintaro.

2 METODE

2.1 Alat Dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah saringan 100 mesh, oven, *furnace*, sentrifugator, *shaker rotator*, mortar, dan spektrofotometer *UV-Vis*. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah karbon aktif buah bintaro, larutan HCl 0,5 M, larutan NaOH 0,5 M, aquades, kertas saring *Whatman*, dan zat warna metil merah.

2.2 Cara Kerja

2.2.1 Preparasi Sampel

Sampel buah bintaro di cuci bersih lalu dikeringkan dibawah sinar matahari 48 jam selanjutnya dipotong halus dan dikeringkan didalam oven pada suhu 105°C selama 4 jam lalu sampel di arangkan dengan *furnace* suhu 400°C selama 5 jam kemudian diayak dengan ayakan ukuran 100 mesh. Kemudian sampel direndam dengan HCl 0,5 M dan NaOH 0,5 M dengan perbandingan 1:20 (b/v) selama 24 jam lalu dicuci dengan aquades hingga pH netral kemudian di saring dengan kertas saring. Selanjutnya, sampel di keringkan di oven pada suhu 65°C selama 12 jam.

2.2.2 Preparasi Larutan Induk

Larutan induk metil merah 1000 ppm dibuat dengan menimbang 0,1 g metil merah dan dilarutkan dengan 60 mL etanol 96% selanjutnya diaduk menggunakan pengaduk magnetik pada suhu ruang selama 30 menit yang kemudian ditambahkan akuades hingga tepat dalam labu takar 100 mL.

2.2.3 Analisis Waktu Optimum Adsorpsi Metil Merah

Sebanyak 0,2 gram karbon teraktivasi HCl dan NaOH ditambahkan kedalam 20 mL larutan metil merah 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 510 nm.

2.2.4 Analisa Kapasitas Adsorpsi

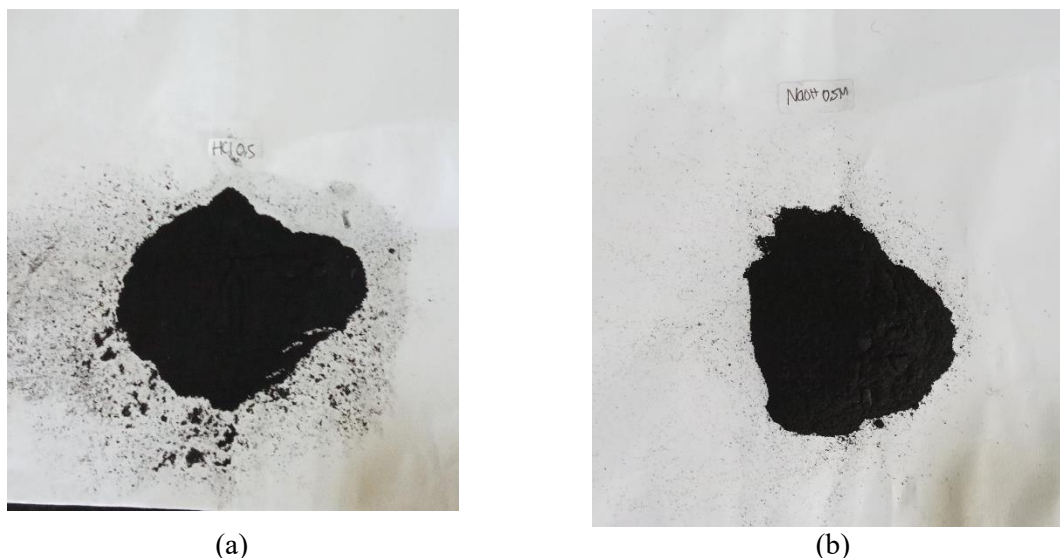
Sebanyak 0,2 g karbon aktif masing-masing aktivasi dimasukkan kedalam botol yang berisi 20 ml larutan metil merah dengan variasi konsentrasi 10,20,40,50, dan 60 ppm kemudian campuran di *shaker* dengan kecepatan 160 rpm dengan waktu kontak optimum untuk aktivator HCl dan NaOH filtrat dan residu kemudian dipisahkan dari campuran dengan cara sentrifugasi. Konsentrasi metil jingga dalam larutan diukur menggunakan spektrofotometer *UV-Vis* pada panjang gelombang 510 nm.

3 HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Aktivasi Karbon Aktif Buah Bintaro

Tahap pertama dalam aktivasi buah bintaro adalah tahapan preparasi sampel buah bintaro yang melibatkan proses pencucian dan pengeringan sampel selanjutnya buah bintaro diaktivasi fisika dengan pembakaran pada suhu 400°C dimana hasil pembakaran ini adalah residu berupa arang. Kegunaan pembakaran adalah untuk meningkatkan porositas dan stabilitas termal pada arang dimana suhu yang tinggi mendorong zat-zat volatil keluar sehingga pemebentukan pori dan peningkatan luas permukaan pada arang (Cahyani et al., 2024). Setelah tahapan aktivasi fisik, aktivasi dilanjutkan dengan aktivasi kimia yaitu dengan perendaman dengan larutan HCl 0,5

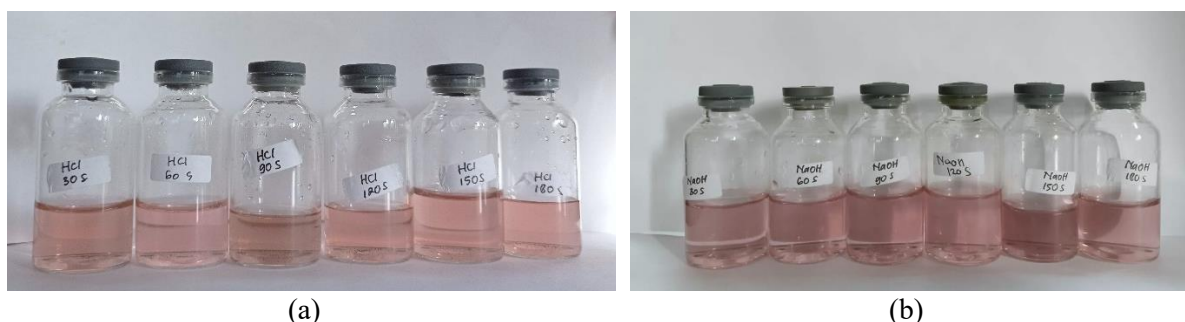
M dan NaOH 0,5 M selama 24 jam, tujuan dari perendaman ini adalah untuk mengilangkan pengotor pada permukaan karbon aktif yang dapat menghalangi daya serap dari adsorben pada permukaan arang aktif. Kemudian karbon aktif yang telah diaktivasi kemudian dicuci dengan akuades guna untuk menghilangkan sisa dari larutan HCl dan NaOH yang digunakan hingga pH dari karbon aktif menjadi netral (pH=7). Hasil aktivasi arang dari buah bintangoro di tunjukkan pada gambar 1 dibawah ini.



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

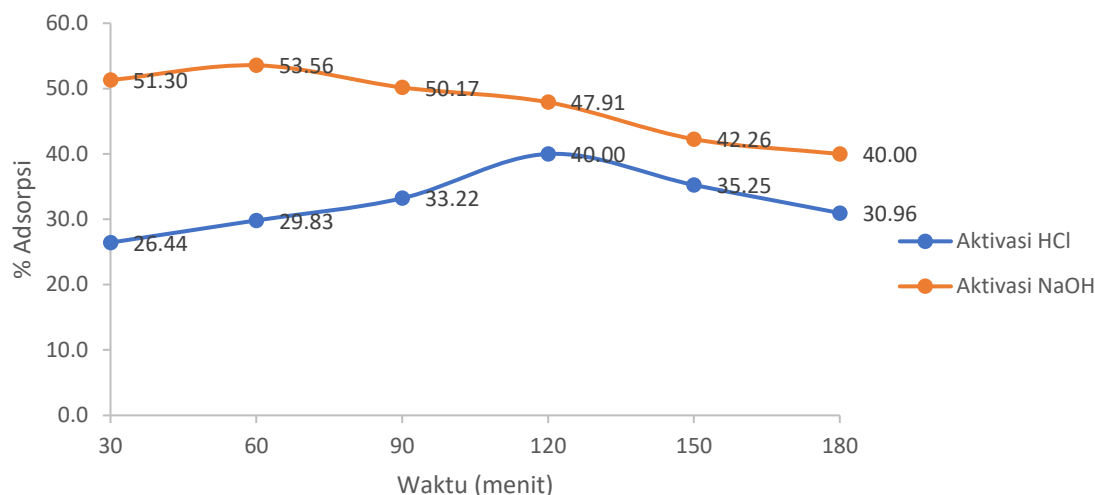
3.2 Analisis Waktu Optimum Adsorpsi Karbon Aktif Pada Metil Merah

Dalam penelitian ini daya serap karbon aktif buah bintangoro sangat dipengaruhi oleh waktu kontak karbon aktif dengan zat warna metil merah berdasarkan variasi waktu. Dimana waktu kontak merupakan faktor yang dapat menentukan kinetika adsorpsi karbon aktif buah bintangoro yang berinteraksi pada zat warna metil merah. Berdasarkan hasil percobaan didapatkan adsorpsi karbon aktif teraktivasi NaOH 0,5 M dan HCL 0,5 M dilakukan dengan variasi waktu 30, 60, 90, 120, 150, dan 180 menit seperti yang ditunjukkan pada gambar berikut:



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

Berdasarkan tabel hasil penelitian didapatkan bahwa hasil pengaruh waktu terhadap adsorpsi metil merah menunjukkan bahwa penyerapan yang dilakukan oleh karbon aktif teraktivasi NaOH didapatkan sebesar 53,56% dan penyerapan oleh karbon aktif teraktivasi HCl diperoleh penyerapan sebesar 40,00%. Dari kedua penyerapan ini dapat dilihat penyerapan paling maksimal dilakukan karbon aktif yang teraktivasi oleh basa NaOH dibandingkan dengan karbon katif yang teraktivasi asam HCl, dari data diatas dapat di muatkan di dalam grafis seperti dibawah ini:

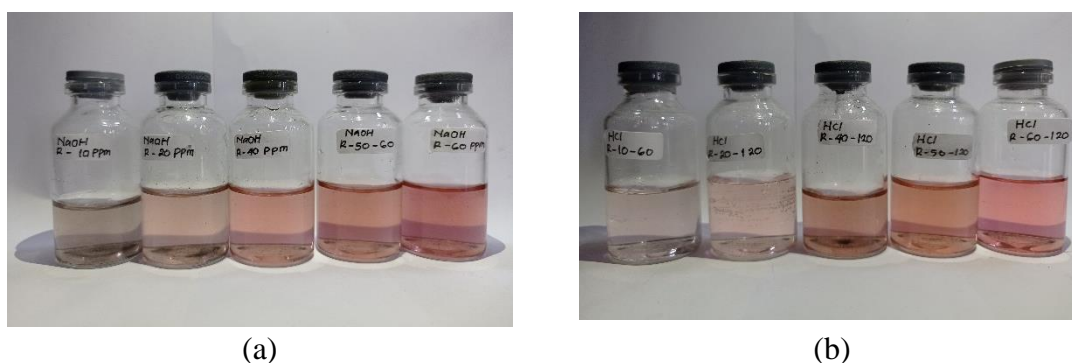


Gambar 3. Pengaruh waktu adsorpsi metil merah dengan karbon teraktivasi HCl dan NaOH

Berdasarkan pada gambar 3, hasil pengukuran adsorpsi metil merah teraktivasi NaOH dan HCl memiliki hasil yang efisien pada waktu kontak 60 menit pada teraktivasi NaOH dan 120 menit pada HCl dimana pada waktu tersebut adsorben dapat menyerap dan menempel sempurna pada permukaan adsorben secara maksimal namun pada menit selanjutnya adsorpsi mengalami penurunan dimana artinya adsorben karbon aktif sudah lewat jenuh sehingga adsorben tidak dapat menyerap zat warna lebih efisien dan maksimal sehingga partikel zat warna yang diserap tidak menempel sempurna sehingga partikel terlepas dari permukaan adsorben (Pasaribu et al., 2023)

3.3 Penentuan Kapasitas Adsorpsi Metil Merah

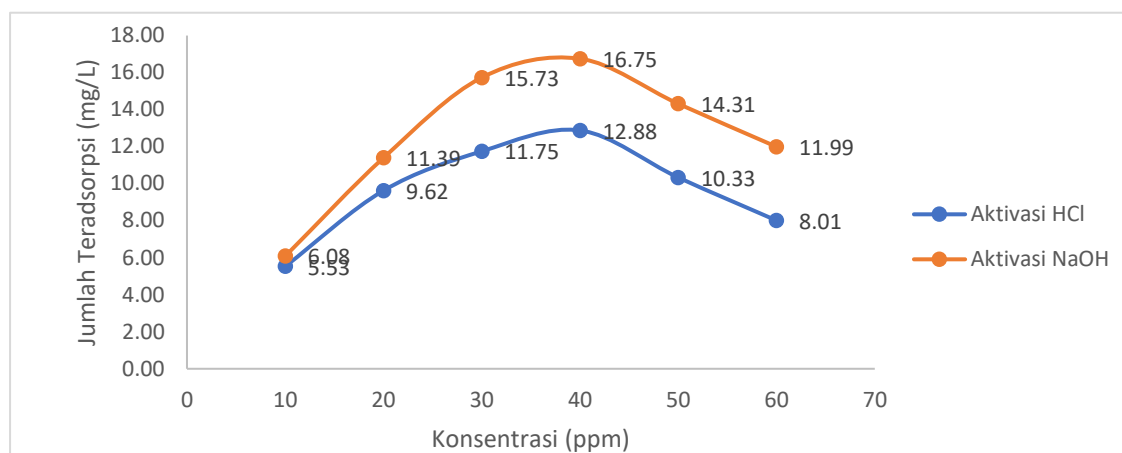
Kapasitas adsorpsi karbon aktif buah bintaro terhadap penyerapan metil merah diukur dengan memvariasikan konsentrasi dari zat warna yang digunakan seperti konsentrasi zat warna metil merah dari konsentrasi 10, 20, 30, 40, 50, dan 60 ppm. Waktu penyerapan yang digunakan pada waktu karbon aktif teraktivasi NaOH dan HCl mencapai waktu optimum yaitu 60 menit untuk NaOH dan 120 menit untuk HCl. Hasil konsentrasi adsorpsi metil merah oleh karbon aktif pada aktivasi HCl dan NaOH dapat di lihat pada gambar 4. Hasil adsorpsi di bawah ini.



Gambar 4. Penyerapan zat warna metil merah berdasarkan variasi konsentrasi pada karbon aktif (a) aktivasi dengan NaOH (b) aktivasi dengan HCl

Berdasarkan hasil pengukuran zat warna metil merah terhadap karbon aktif diperoleh hasil bawah penyerapan pada karbon aktif baik teraktivasi asam (HCl) dan basa (NaOH) terjadi peningkatan penyerapan zat warna seiring bertambahnya konsentrasi metil merah dari

konsentrasi 10 ppm hingga 40 ppm, kemudian terjadi penurunan serapan hingga konsentrasi 60 ppm seperti yang ditunjukkan pada gambar 5. Grafik ini menunjukkan konsentrasi dengan jumlah metil merah yang diadsorpsi oleh karbon aktif buah bintaro pada kedua aktivator asam dan basa.



Gambar 5. Grafik variasi konsentrasi terhadap jumlah adsorpsi zat warna metil merah dengan aktivator HCl dan NaOH

Analisis pengaruh konsentrasi terhadap efisiensi adsorpsi metil merah oleh karbon aktif buah bintaro menunjukkan bahwa konsentrasi optimum untuk kedua aktivator (HCl dan NaOH) adalah 40 ppm. Pada konsentrasi ini, adsorpsi maksimum metil merah mencapai 12,88 mg/L untuk HCl dan 16,748 mg/L untuk NaOH. NaOH terbukti lebih efektif dalam mengadsorpsi metil merah dibandingkan HCl, dengan efisiensi adsorpsi 16,748 mg/L. Hal ini diduga karena aktivasi dengan NaOH lebih cenderung menghilangkan struktur pori kecil dibandingkan HCl. Pori-pori besar pada karbon aktif teraktivasi NaOH memiliki luas permukaan yang lebih besar, sehingga memungkinkan interaksi yang lebih optimal dengan molekul metil merah (Horale Pasaribu et al., 2024.)

4 KESIMPULAN

Buah bintoro memiliki potensi sebagai sumber karbon aktif yang dapat berfungsi sebagai adsorben zat warna, khususnya zat warna metil jingga. Dimana efisiensi adsorpsi metil merah oleh karbon aktif buah bintaro menunjukkan hasil yang maksimal pada aktivasi dengan NaOH. Karbon aktif teraktivasi HCl mampu mengadsorpsi hingga 11,748 mg/L metil merah pada waktu optimum 120 menit, sedangkan karbon aktif teraktivasi NaOH mampu mengadsorpsi hingga 15,730 mg/L metil merah pada waktu optimum 60 menit. NaOH terbukti lebih efektif dalam mengadsorpsi metil merah dibandingkan HCl.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustina, T. E., & Amir, M. (2012). Pengaruh Temperatur Dan Waktu Pada Pengolahan Pewarna Sintetis Procion Menggunakan Reagen Fenton. *Jurnal Teknik Kimia*, 18(3), 54-61.
- Anggaran, K., Keahlian, B., Perwakilan, D., & Ri, R. (2020). *Analisis Daya Saing Industri Tekstil Dan Produk Tekstil (Tpt) Indonesia Di Pasar Asean Analysis Of Indonesia Textile Industry Competitiveness In Asean Market Dwi Resti Pratiwi* (Vol. 5, Issue 2).
- 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/>

- Desnita, E. (2022.). *Penggunaan Rhodamine B pada Saus Sambal Jajanan*.
<http://journal.scientic.id/index.php/sciena/issue/view/6>
- Horale Pasaribu, M., Agnestisia, R., Prasetya Toepak, E., Pereiz, Z., Yos Sudarso, J., & Raya, P. (2024.). *Potential of Magnetite (Fe₃O₄) Synthesized... Potential Of Magnetite (Fe₃O₄) Synthesized From Zircon Sand Waste As Methylen Blue Dye Adsorbent*.
- Ikhtiar Bakti, A., & Massang Lumembang, M. (2023.). *JURNAL MIPA 12 (2) 56-60 Karakterisasi Karbon Aktif yang Terbuat Dari Tempurung Kelapa Menggunakan Teknik Pirolisis Dengan Aktivasi Fisika dan Kimia L.*
- Mutia, P., & Dwi Fahyuan, H. (2019). Pengaruh Jenis Serat Alam Terhadap Koefisien Absorpsi Bunyi Sebagai Peredam Kebisingan. *Jurnal Ilmu Fisika Dan Pembelajarannya*, 3(1), 18–23.
- Neolaka, Y. A. B., Lalang, A. C., Seran, S. Y., & Artikel, I. (2023). *Adsorpsi Zat Warna Metil Merah menggunakan Hydrochar dari Tempurung Kelapa*.
<http://ejurnal.undana.ac.id/index.php/jbkHalaman|63>
- Pasaribu, M. H., Karelius, K., Ramdhani, E. P., Agnestisia, R., Pereiz, Z., & Toepak, E. P. (2023). Synthesis of Mil-100(Fe)@Fe₃O₄ Composite using Zircon Mining Magnetic Waste as an Adsorbent for Methylene Blue Dye. *BIO Web of Conferences*, 70.
<https://doi.org/10.1051/bioconf/20237002010>
- Priya, P. G. (2011). Degradation Studies of Tannery Effluents using Electro Flotation Technique. *Journal of Chemical Engineering & Process Technology*, 02(01).
<https://doi.org/10.4172/2157-7048.1000104>
- Sayed, N. S. M., Ahmed, A. S. A., Abdallah, M. H., & Gouda, G. A. (2024). ZnO@ activated carbon derived from wood sawdust as adsorbent for removal of methyl red and methyl orange from aqueous solutions. *Scientific Reports*, 14(1).
<https://doi.org/10.1038/s41598-024-55158-7>
- Susmanto, P., Yandriani, Y., Dila, A. P., & Pratiwi, D. R. (2020). Pengolahan Zat Warna Direk Limbah Cair Industri Jumptan Menggunakan Karbon Aktif Limbah Tempurung Kelapa pada Kolom Adsorpsi. *JRST (Jurnal Riset Sains Dan Teknologi)*, 4(2), 77.
<https://doi.org/10.30595/jrst.v4i2.7309>
- Tedja, T., Riani, E., & Sri Sugiarti, dan. (2016). *Pengaruh Aktivasi Fisika Dan Kimia Arang Aktif Buah Bintaro Terhadap Daya Serap Logam Berat Krom (The Influence Of Physical And Chemical Activation Of Cerbera Odollam Gaertn. Carbon On Chromium Adsorption)*.
- Tu, N. T. T., Thanh, T. S., Quy, P. T., Ha, T. T. M., Thu, P. T. K., Bich, N. H., Sn, L. V. T., Nguyen, V. T., Nhiem, D. N., Lieu, P. K., & Khieu, D. Q. (2023). Trinary Component Adsorption of Methylene Blue, Methyl Orange, and Methyl Red from Aqueous Solution Using TiO₂/Activated Carbon. *Adsorption Science and Technology*, 2023.
<https://doi.org/10.1155/2023/8943198>