

PEMBUATAN KARBON AKTIF DARI TEMPURUNG BUAH LONTAR (*Borassus flabellifer* L.) SEBAGAI ADSORBEN RHODAMIN B

Ridwan Mading, Matius Stefanus Batu*, Maria Magdalena Kolo, dan Agustina Rosalia Saka

Program Studi Kimia, Fakultas Pertanian, Sains dan Kesehatan, Universitas Timor

*steve_b79@unimor.ac.id

Received: 14 August 2023 / Accepted: 07 September 2023 / Published: 15 January 2024

ABSTRACT

The research has been carried out regarding manufacturing activated carbon from palm fruit shells (*Borassus flabellifer* L.) as an adsorbent for rhodamine B dye. This research aims to determine the characteristics (moisture content and ash content) of activated carbon from HCl-activated palm fruit shells and determine the optimum conditions in the Rhodamine B adsorption process using activated carbon from palm fruit shells. Making activated carbon from palm fruit shells is done using the carbonation and activation method. 1 M HCl was used as an activator in the activation process with a soaking time of 24 hours. The adsorption process is carried out by varying the adsorbent mass, contact time, and adsorbate concentration. The results obtained in this research show that activated carbon from palm fruit shells has a water content of 2.18% and an ash content of 9.173%. The optimum conditions for the adsorption process of rhodamine B dye were obtained at an adsorbent mass of 1 g, contact time of 30 minutes, and adsorbate concentration of 30 ppm with adsorption efficiency values of 99.94%, 99.84%, and 98.34%, respectively.

Keywords: Adsorption, Activated Carbon, Palm Fruit Shell, Rhodamine B

ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian mengenai pembuatan karbon aktif dari tempurung buah lontar (*Borassus flabellifer* L.) sebagai adsorben zat warna rhodamin B. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan karakteristik (kadar air dan kadar abu) karbon aktif dari tempurung buah lontar teraktivasi HCl dan penentuan kondisi optimum pada proses adsorpsi Rhodamin B dengan menggunakan karbon aktif tempurung buah lontar. Pembuatan karbon aktif dari tempurung buah lontar dilakukan dengan metode karbonasi dan aktivasi. HCl 1 M digunakan sebagai aktivator pada proses aktivasi dengan waktu perendaman 24 jam. Proses adsorpsi dilakukan dengan variasi massa adsorben, waktu kontak dan konsentrasi adsorbat. Hasil yang diperoleh pada penelitian ini menunjukkan bahwa karbon aktif dari tempurung buah lontar memiliki kadar air sebesar 2,18% dan kadar abu sebesar 9,173%. Kondisi optimum pada proses adsorpsi zat warna rhodamin B diperoleh pada massa adsorben 1 g, waktu kontak 30 menit dan konsentrasi adsorbat 30 ppm dengan nilai efisiensi adsorpsi masing-masing sebesar 99,94 %, 99,84% dan 98,34%.

Kata Kunci : Adsorpsi, Karbon Aktif, Tempurung Buah Lontar, Rhodamin B.

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi dibidang industri dewasa ini semakin berkembang yang didukung dengan adanya kemajuan teknologi. Industri tekstil merupakan salah satu contoh industri yang saat ini telah mengalami kemajuan teknologi. Kemajuan teknologi tersebut dapat dilihat pada proses pewarnaan yang banyak menggunakan pewarna sintetik dibandingkan dengan pewarna alami.

Penggunaan pewarna sintetik lebih diminati daripada pewarna alami karena sifat zat warna sintetik lebih murah, mudah digunakan, daya mewarnai kuat, stabil, dan tahan terhadap lingkungan (Sahara *et al.*, 2018). Namun, adapun dampak negatif yang ditimbulkan yaitu pencemaran lingkungan yang diakibatkan oleh limbah zat warna. Limbah zat warna yang dihasilkan dari industri tekstil umumnya merupakan senyawa organik *non-biodegradable*, yang dapat menyebabkan pencemaran lingkungan terutama pada lingkungan perairan. Limbah tersebut merupakan limbah cair yang memiliki warna pekat, umumnya berasal dari sisa zat warna yang merupakan suatu senyawa kompleks aromatik, sehingga keberadaannya di lingkungan dapat menjadi sumber penyakit karena bersifat karsinogenik dan mutagenik (Sa'adah *et al.*, 2013). Dalam industri tekstil, zat warna yang sering digunakan antara lain *methyl orange*, *methylene biru*, *remazol brilliant blue*, *congo red*, *malachite green*, *rhodamin B* dan pewarna lainnya (Cut Mutia *et al.*, 2023; Nainggolan *et al.*, 2023).

Rhodamin B merupakan pewarna sintesis yang berasal dari metanlinilat dan alanin yang berbentuk serbuk kristal berwarna merah keunguan dalam bentuk terlarut pada konsentrasi tinggi dan berwarna merah terang pada konsentrasi rendah. Masuknya rhodamin B berlebihan ke lingkungan akan mengubah pH perairan sehingga mikroorganisme dan hewan yang berada di lingkungan perairan akan terganggu (Laksono, 2009). Dalam tubuh manusia akumulasi zat warna ini akan menimbulkan dampak serius seperti keracunan, kanker hati, iritasi saluran pernafasan, iritasi kulit, serta iritasi saluran pencernaan (Ulya *et al.*, 2022). Pemisahan zat warna dari limbah yang berasal dari berbagai industri tekstil, pewarnaan, pembuatan kertas, dan industri makanan merupakan masalah umum yang dihadapi saat ini. Beberapa metode konvensional telah dilakukan untuk menanggulangi masalah limbah pewarna, seperti oksidasi (Vaiano *et al.*, 2015), koagulasi dan flokulasi (Saitoh *et al.*, 2014), dan pertukaran ion (Wu *et al.*, 2008). Menurut Wang dan Li (2013), metode konvensional di atas sangat rumit dan mahal. Selain rumit dan mahal metode ini kurang efektif dalam mengolah limbah organik yang terlarut serta kurang efektif menghilangkan logam berat yang ada pada limbah dan juga metode ini sangat membutuhkan waktu yang lama (Rahimah *et al.*, 2016). Salah satu teknik yang efektif untuk memisahkan zat warna dari limbah adalah dengan metode adsorpsi.

Metode adsorpsi merupakan akumulasi adsorbat pada permukaan adsorben melalui gaya tarik menarik antar molekul atau akibat medan gaya permukaan yang mampu menarik molekul lain. Metode adsorpsi dilakukan dengan cara melewatkan limbah melalui adsorben dengan harapan senyawa-senyawa beracun dapat teradsorpsi (Wicaksono dan Mirwan, 2012). Adsorpsi memiliki beberapa kelebihan dibanding metode lain, diantaranya biaya yang diperlukan relatif murah, prosesnya sederhana, efektivitas dan efisiensinya tinggi, dan adsorbennya dapat diregenerasi (Islamiyah dan Koestiari, 2014). Penggunaan metode adsorpsi saat ini diarahkan untuk menggunakan adsorben yang mempunyai kemampuan adsorpsi tinggi yang berasal dari bahan alam yang mudah terdegradasi serta banyak mengandung selulosa (Purnamawati dan Utami, 2014). Penggunaan adsorben yang tepat untuk proses adsorpsi yaitu dengan menggunakan karbon aktif karena dapat menyerap gas dan senyawa kimia dengan daya adsorpsi yang tinggi (Setiyanto *et al.*, 2015). Karbon aktif merupakan suatu padatan berpori yang mengandung 85-95% karbon. Karbon tersebut dihasilkan melalui proses pemanasan dengan menggunakan suhu yang tinggi. Selain itu, arang aktif dapat diperoleh dari limbah hasil pertanian yang mengandung kadar selulosa yang tinggi (Nafi'ah, 2016). Salah satu limbah pertanian yang digunakan adalah limbah tempurung buah lontar (*Borassus flabellifer* L.).

Pohon lontar (*Borassus flabellifer* L.) merupakan salah satu jenis palma atau *Arecaceae* yang tumbuh tersebar luas di Nusa Tenggara Timur. Masyarakat NTT memahami bahwa pohon lontar sebagai salah satu pohon yang semua bagian organnya dapat dimanfaatkan (Klau *et al.*, 2019). Namun, ada bagian yang kurang dimanfaatkan seperti tempurung buah lontar. Tempurung buah lontar biasanya dibuang sebagai limbah. Komposisi kimia tempurung buah lontar terdiri dari 11,90% selulosa, 44,58 % karbon, 13,80% air, 4,46% abu, 23,85% bahan *volatile* (Dewati, 2010). Kandungan

selulosa dan karbon pada tempurung buah lontar yang tinggi cocok dimanfaatkan sebagai bahan dasar dalam pembuatan karbon aktif.

Beberapa penelitian terdahulu dari Lano *et al.*, (2020), membuat karbon aktif dari tempurung lontar yang diaktivasi dengan kalium hidroksida (KOH) dengan variasi konsentrasi 0,1 M; 0,5 M dan 1 M. Hasil penelitian menunjukkan bahwa karakteristik karbon yang dihasilkan memenuhi SNI 06-3730 dengan kriteria terbaik yaitu kadar air sebesar 6,56%, kadar abu 8,55%, bilangan iodin sebanyak 2163,36 mg g⁻¹ dan daya adsorpsi metilen biru sebanyak 438,52 mg g⁻¹. Penelitian oleh Darjito *et al.*, (2013), membuat karbon aktif dari tempurung kelapa dengan cara pengozonan, kemudian dibandingkan kualitasnya dengan karbon aktif hasil aktivasi ZnCl₂. Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa karbon aktif yang diaktivasi dengan aktivator ZnCl₂ memiliki daya adsorpsi yang lebih baik terhadap senyawa iodin, metilen biru dan metil jingga daripada arang aktif yang diaktivasi dengan pengozonan. Proses aktivasi adalah proses peningkatan pori-pori permukaan arang sehingga dapat meningkatkan daya adsorpsi terhadap cairan dan gas dengan cara menghilangkan hidrokarbon (Pari *et al.*, 2006).

Berdasarkan uraian latar belakang di atas maka perlu dilakukan penelitian mengenai pemanfaatan tempurung buah lontar (*Borassus flabellifer L.*) sebagai bahan dasar dalam pembuatan karbon aktif karena selama ini masyarakat hanya membuangnya begitu saja sehingga perlu dilakukan upaya untuk mengurangi limbah tersebut serta penelitian mengenai pembuatan karbon aktif sebagai adsorben zat warna rhodamin B belum pernah dilakukan. Dalam penelitian ini, karbon yang dihasilkan selanjutnya diaktivasi dengan HCl 1 M dan diaplikasikan sebagai adsorben untuk mengadsorpsi zat warna Rhodamin B.

METODE PENELITIAN

Alat dan Bahan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah tanur, seperangkat alat gelas (*pyrex*), cawan porselin, mortar dan alu, spatula, ayakan 100 mesh, timbangan analitik merk Fujitsu FSR-B2200, oven merk Memmert UN55, *shaker* DLAB SK-L330, *hot plate* merk Lab Companion HP-3000L, Spektrofotometer UV-Vis Shimadzu UV 1800 dan instrumen *Brenauer-Emmet-Teller* (BET) Quantachrome Nova 4200e. Bahan penelitian yang digunakan antara lain tempurung buah lontar yang diambil dari Desa Maubesi, Kecamatan Insana Tengah, Kabupaten Timor Tengah Utara (TTU), akuades, HCl 37% (*merck*), Rhodamin B (*merck*), kertas saring, indikator pH universal.

Karbonasi Limbah Tempurung Buah Lontar

Tempurung buah lontar dicuci dengan air sampai bersih kemudian dipotong kecil-kecil dan dikeringkan di bawah sinar matahari, dilanjutkan proses karbonasi pada suhu 300°C selama 30 menit. Karbon yang dihasilkan kemudian didinginkan dan dihaluskan serta diayak menggunakan ayakan 100 mesh untuk mendapatkan ukuran partikel yang sama.

Aktivasi Karbon Limbah Tempurung Buah Lontar

Sebanyak 60 gram karbon tempurung buah lontar direndam dengan 600 mL larutan HCl 1 M selama 24 jam, kemudian sampel disaring dan dibilas dengan akuades hingga pH netral. Selanjutnya, residu yang dihasilkan dikeringkan dalam oven selama 3 jam dengan suhu 110°C, kemudian dimasukkan dalam desikator untuk didinginkan. Karbon aktif yang telah dihasilkan akan dikarakterisasi morfologi penentuan luas permukaan menggunakan instrumen BET.

Karakterisasi Karbon Aktif

Penentuan Kadar Air

Seberat 1 gram karbon aktif ditempatkan dalam cawan porselin yang telah diketahui beratnya. Cawan yang berisi sampel dikeringkan dalam oven pada suhu 105°C selama 2 jam dan didinginkan dalam desikator lalu ditimbang. Pengeringan dan penimbangan berulang sampai berat sampel konstan. Kadar air dari karbon sebelum dan sesudah aktivasi dapat dihitung menggunakan Persamaan 1.

$$\text{Kadar air (\%)} = \frac{(m_2 - m_1) - (m_3 - m_1)}{m_2 - m_1} \times 100\% \dots\dots\dots(1)$$

Keterangan:

- m₁ = Massa cawan (gr)
- m₂ = Massa cawan + sampel sebelum pemanasan (gr)
- m₃ = Massa cawan + sampel setelah pemanasan (gr)

Penentuan Kadar Abu

Sebanyak 1 gram karbon aktif ditempatkan dalam cawan porselin yang telah dikeringkan dalam oven dan diketahui bobot keringnya. Cawan yang berisi sampel di masukkan dalam tanur, perlahan-lahan dipanaskan mulai dari suhu kamar sampai 600°C selama 1 jam. Selanjutnya didinginkan dalam desikator lalu timbang sampai beratnya konstan. Kadar abu dari karbon sebelum dan sesudah aktivasi dapat dihitung menggunakan persamaan 2.

$$\text{Kadar abu (\%)} = \frac{m_3 - m_1}{m_2 - m_1} \times 100\% \dots\dots\dots(2)$$

Keterangan;

- m₁ = Massa cawan (gr)
- m₂ = Massa cawan + sampel awal (gr)
- m₃ = Massa cawan + abu (gr)

Penentuan Kondisi Optimum

Penentuan Massa Adsorben Optimum

Disiapkan 5 erlenmeyer kemudian dimasukkan masing-masing karbon aktif dengan variasi massa 0,5; 1; 1,5; 2; dan 2,5 gram dan ditambahkan 50 mL zat warna Rhodamin B 30 ppm. Larutan lalu diaduk menggunakan *shaker* selama 90 menit dengan kecepatan pengadukan 200 rpm kemudian larutan disaring menggunakan kertas saring dan diukur konsentrasi rhodamin B menggunakan Spektrofotometer UV-Vis Shimadzu UV 1800.

Penentuan Waktu Kontak Optimum

Disiapkan 5 erlenmeyer kemudian dimasukkan masing-masing karbon aktif seberat 1 gram dan ditambahkan 50 mL zat pewarna Rhodamin B 30 ppm. Kemudian diaduk menggunakan *shaker* dengan variasi waktu 30; 60; 90; 120 dan 150 menit dengan kecepatan 300 rpm kemudian disaring menggunakan kertas saring. Selanjutnya kandungan zat pewarna Rhodamin B dalam sampel dianalisis menggunakan Spektrofotometer UV-Vis Shimadzu UV 1800.

Penentuan Konsentrasi Adsorbat Optimum

Penentuan konsentrasi adsorbat terhadap proses adsorpsi dilakukan dengan dimasukkan 50 mL zat pewarna Rhodamin B ke dalam 5 erlenmeyer. Kemudian ditambahkan karbon aktif sesuai dengan massa optimum. Proses adsorpsi dilakukan dengan variasi konsentrasi Rhodamin B 10; 20;

30; 40 dan 50 ppm. Larutan diaduk menggunakan *shaker* selama waktu kontak optimum dengan kecepatan 300 rpm kemudian larutan disaring menggunakan kertas saring.

Penentuan efisiensi adsorpsi dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.

$$Q = \frac{C_o - C_e}{C_o} \times 100\% \dots \dots \dots (3)$$

Keterangan:

- Q = Efisiensi Adsorpsi (%)
- C_o = Konsentrasi limbah awal (mg/L)
- C_e = Konsentrasi limbah akhir (mg/L)

HASIL PENELITIAN

Karbonasi Tempurung Buah Lontar

Karbonisasi merupakan proses pemecahan senyawa organik yang terdapat di dalam bahan dasar pembuat karbon dan akan membentuk tar dan hidrokarbon (Ramdja *et al.*, 2008). Proses karbonasi bertujuan untuk menghilangkan komponen yang terkandung dalam sampel dan menghasilkan material karbon yang memiliki daya adsorpsi yang tinggi (Nurdiyah dan Susanti, 2013). Reaksi yang terjadi pada saat proses karbonasi adalah sebagai berikut (Jubilate *et al.*, 2016):



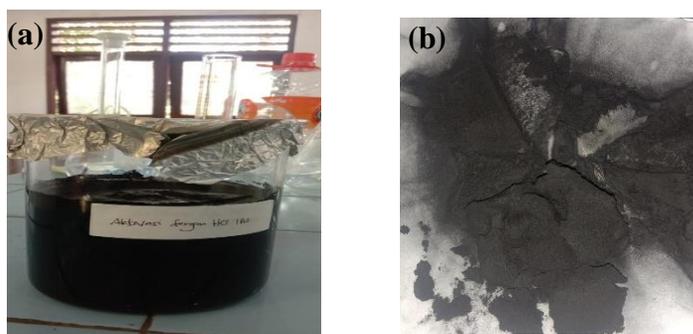
Proses karbonasi dilakukan dengan cara sampel tempurung buah lontar di *furnace* pada suhu 300 °C selama 30 menit. Menurut penelitian Fitriansyah *et al.* (2021) dijelaskan bahwa pada suhu 300 °C merupakan suhu ideal dalam pembuatan karbon. Hal ini dikarenakan, semakin tinggi suhu karbonasi maka karbon yang diperoleh semakin berkurang dimana karbon yang telah terbentuk akan berubah menjadi abu. Proses karbonasi dihentikan ketika tempurung lontar sudah berubah warna menjadi hitam. Hal tersebut menandakan bahwa arang telah terbentuk dan senyawa-senyawa volatil telah menguap. Karbon yang dihasilkan kemudian diseragamkan ukuran partikel dengan menggunakan ayakan 100 mesh bertujuan untuk memperkecil luas permukaan sampel sehingga memudahkan pada saat karbonasi. Karbon yang dihasilkan dari proses karbonasi dapat dilihat pada **Gambar 1** berikut.



Gambar 1. Karbon tempurung buah lontar.

Aktivasi Karbon Sabut Buah Lontar

Aktivasi karbon merupakan perubahan secara fisik dimana terjadi penambahan luas permukaan pada karbon. Proses aktivasi ini bertujuan untuk menghilangkan zat-zat yang menutupi pori pada permukaan karbon aktif (Setyawan *et al.*, 2018). Pada penelitian ini, menggunakan metode aktivasi secara kimiawi dengan mencampurkan aktivator asam klorida (HCl). Penambahan aktivator bertujuan untuk memperluas volume pori dan memperbesar diameter pori yang telah terbentuk pada proses karbonasi dan untuk melarutkan sisa-sisa senyawa yang terdapat pada pori-pori yang dapat memperkecil daya serap karbon (Manurung *et al.*, 2019). Pada penelitian ini, karbon hasil karbonasi dari tempurung buah lontar diaktivasi menggunakan HCl 1 M yang dilakukan selama 24 jam dengan perbandingan 1:10. Asam klorida dipilih sebagai aktivator karena bersifat higroskopis sehingga dapat mengurangi kadar air pada karbon aktif, memiliki daya adsorpsi ion lebih baik dibandingkan dengan aktivator lainnya dan memiliki kemampuan melarutkan pengotor-pengotor lebih besar, sehingga pori-pori yang terbentuk semakin besar dan proses adsorpsi menjadi lebih maksimal (Huda *et al.*, 2020). Hasil Karbon aktif dari proses aktivasi dapat dilihat pada **Gambar 2** berikut.



Gambar 2. (a) Aktivasi karbon tempurung buah lontar dengan HCl 1 M dan (b) karbon aktif tempurung buah lontar

Karakterisasi Karbon Aktif Dari Limbah Tempurung Buah Lontar

Kadar Air

Pengujian kadar air merupakan salah satu parameter untuk mengetahui sifat higroskopis (kemampuan mengikat molekul air) pada sampel karbon aktif. Hal ini dikarenakan sampel karbon memiliki sifat afinitas yang sangat besar terhadap air (Nafi'ah, 2016). Adapun faktor yang mempengaruhi pengujian kadar air pada sampel karbon yaitu penggunaan aktivator, di mana tujuan aktivator ini digunakan untuk mengikat kandungan air yang terdapat dalam karbon aktif sehingga cenderung mempunyai kadar air rendah. Selain itu, aktivator juga memiliki fungsi untuk mengikat air yang terkandung dalam sampel karbon sehingga kadar air pada sampel karbon cenderung lebih rendah (Sitanggang *et al.*, 2017). Hasil pengujian kadar air dalam sampel karbon dan karbon teraktivasi HCl dapat dilihat pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Hasil pengujian kadar air dalam sampel karbon dan karbon teraktivasi HCl

| Jenis Karbon | Kadar Air (%) |
|------------------|---------------|
| Tanpa Aktivasi | 4,43 |
| Aktivasi HCl | 2,18 |
| SNI 06-3730-1995 | Maks.15 |

Berdasarkan data pada **Tabel 1**, diperoleh persentase kadar air pada sampel karbon teraktivasi HCl lebih rendah dibandingkan dengan sampel karbon tanpa aktivasi. Besarnya persentase kadar air pada sampel karbon tersebut sebesar 2,18 % dan 4,43 %. Penurunan persentase kadar air pada sampel karbon teraktivasi HCl dipengaruhi oleh penggunaan aktivator. Penggunaan aktivator HCl tersebut berfungsi untuk menarik molekul-molekul air pada sampel karbon (Verayana *et al.*, 2018). Rendahnya kadar air pada sampel karbon teraktivasi HCl menunjukkan semakin sedikit kandungan air yang menutupi pori-pori karbon. Dari hasil pengujian kadar air dapat disimpulkan bahwa sampel karbon teraktivasi HCl dan sampel karbon tanpa aktivasi memenuhi standar SNI 06-3730-1995 bahwa kadar air maksimum adalah 15%.

Kadar Abu

Pengujian kadar abu bertujuan untuk mengetahui kandungan oksida-oksida logam dalam sampel karbon. Logam-logam oksida pada sampel karbon terdiri atas mineral-mineral yang bersifat tidak mudah menguap (*non-volatile*) (Sitanggang *et al.*, 2017). Selain itu, tingginya kadar abu pada sampel karbon dapat berpengaruh pada kualitas adsorpsi. Keberadaan abu yang berlebihan dapat menyebabkan terjadinya penyumbatan pori-pori karbon aktif sehingga luas permukaan karbon aktif menjadi berkurang (Permatasari *et al.*, 2014). Hasil pengujian kadar abu pada sampel karbon aktif sebelum dan sesudah teraktivasi dapat dilihat pada **Tabel 2**.

Tabel 2. Hasil pengujian kadar abu pada karbon aktif dari sabut buah lontar

| Jenis Karbon | Kadar Abu (%) |
|------------------|---------------|
| Tanpa Aktivasi | 20,203 |
| Aktivasi HCl | 9,173 |
| SNI 06-3730-1995 | Maks.10 |

Berdasarkan data pada **Tabel 2**, diperoleh kadar abu pada karbon aktif tanpa aktivasi memiliki persentase kadar abu yang lebih tinggi dibandingkan dengan sampel dari karbon teraktivasi HCl yakni sebesar 9,173% dan 20,203%. Rendahnya persentase kadar abu pada sampel karbon teraktivasi HCl disebabkan karena penggunaan aktivator HCl. Penggunaan aktivator bertujuan untuk melarutkan pengotor-pengotor berupa logam-logam oksida, sehingga persentase kadar abu menjadi lebih rendah (Sitanggang *et al.*, 2017). Semakin rendah persentase kadar abu pada sampel karbon, maka semakin besar daya adsorpsi karbon (Verayana *et al.*, 2018). Dari hasil penentuan kadar abu dapat disimpulkan bahwa karbon teraktivasi HCl memenuhi Standar Nasional Indonesia (SNI) Nomor 06-3730-1995 dengan persentase kadar abu <10 %.

Karakterisasi Luas Permukaan Menggunakan instrumen BET

Karakterisasi luas permukaan menggunakan BET bertujuan untuk mengetahui luas permukaan dari sampel karbon aktif. Penentuan luas permukaan dilakukan dengan perbandingan karbon tanpa aktivasi dan karbon teraktivasi. Luas permukaan sampel karbon sangat berpengaruh terhadap kapasitas adsorpsi karbon. Semakin besar luas permukaan maka semakin besar daya adsorpsi sampel karbon (Ariyani *et al.*, 2020). Hasil karakterisasi luas permukaan sampel karbon dapat dilihat pada **Tabel 3**.

Tabel 3. Hasil karakterisasi luas permukaan sampel karbon dengan menggunakan instrumen BET

| Jenis Karbon | S _{bet} (m ² /g) |
|----------------|--------------------------------------|
| Tanpa Aktivasi | 146.161 |
| Aktivasi HCl | 191.894 |

Berdasarkan data hasil karakterisasi yang ditunjukkan pada **Tabel 3**, karbon teraktivasi HCl memiliki luas permukaan yang lebih besar dibandingkan dengan karbon tanpa aktivasi. Hal ini menunjukkan bahwa karbon tanpa aktivasi memiliki kemampuan adsorpsi yang lebih kecil dibandingkan dengan sampel karbon tempurung buah lontar teraktivasi HCl. Penambahan aktivator juga memiliki pengaruh yang sangat besar terhadap luas permukaan sampel karbon (Hariono dan Rusmini, 2015). Semakin luas permukaan maka kemampuan adsorpsi semakin meningkat (Utami dan Novallyan, 2019).

Hasil Penentuan Kondisi Optimum**Penentuan Massa Adsorben Optimum**

Penentuan massa adsorben optimum bertujuan untuk membandingkan massa adsorben optimal dalam mengadsorpsi Rhodamin B. Hasil Penentuan massa optimum zat warna merah dapat dilihat pada **Tabel 4**.

Tabel 4. Hasil penentuan massa adsorben optimum

| massa (gram) | C ₀ (ppm) | C _e (ppm) | Q (%) |
|--------------|----------------------|----------------------|-------|
| 0,5 | 30 | 0,031 | 99,79 |
| 1,0 | 30 | 0,017 | 99,94 |
| 1,5 | 30 | 0,023 | 99,92 |
| 2,0 | 30 | 0,056 | 99,81 |
| 2,5 | 30 | 0,351 | 98,3 |

Keterangan: C₀: konsentrasi adsorbat sebelum proses adsorpsi, C_e: konsentrasi adsorbat sesudah proses adsorpsi dan Q: efisiensi adsorpsi.

Berdasarkan data pada **Tabel 4**, menunjukkan bahwa massa kontak adsorben 0,5 gram dan 1,0 gram mengalami peningkatan. Hal ini dikarenakan penambahan massa adsorben yang menyebabkan sisi aktif pada permukaan adsorben semakin bertambah sehingga banyak zat warna rhodamin B terserap adsorben (Batu *et al.*, 2023). Akan tetapi pada massa kontak adsorben 1,5 gram sampai 2,5 gram mengalami penurunan efisiensi adsorpsi. Hal ini dikarenakan semakin bertambahnya massa adsorben maka nilai kapasitas adsorpsi yang dihasilkan semakin menurun karena adsorben sudah dalam keadaan jenuh, sehingga penambahan adsorben tidak akan

meningkatkan adsorpsi terhadap zat adsorbat (Asnawati *et al.*, 2020). Dari data pada **Tabel 4**, diketahui bahwa keadaan setimbang terjadi pada massa kontak adsorben 1,0 gram dengan efisiensi adsorpsi sebesar 99,94 %.

Penentuan Waktu Kontak Optimum

Penentuan waktu kontak optimum bertujuan untuk mengetahui berapa lama waktu yang dibutuhkan oleh adsorben untuk menyerap adsorbat sampai pada keadaan jenuh. Keadaan jenuh tercapai ketika adsorben tidak mampu lagi menyerap adsorbat (Tanasale *et al.*, 2014). Semakin lama waktu interaksi maka semakin banyak adsorbat yang teradsorpsi. Hal ini disebabkan, semakin banyak partikel-partikel adsorben yang bersinggungan dengan adsorbat, sehingga banyak adsorbat yang terikat dalam pori-pori partikel pada adsorben (Sahara *et al.*, 2018). Hasil Penentuan waktu kontak optimum dapat dilihat pada **Tabel 5**.

Tabel 5. Hasil Penentuan Waktu Kontak Optimum

| Waktu (menit) | C ₀ (ppm) | C _e (ppm) | Q (%) |
|---------------|----------------------|----------------------|-------|
| 30 | 30 | 0,047 | 99,84 |
| 60 | 30 | 0,076 | 99,74 |
| 90 | 30 | 0,080 | 99,73 |
| 120 | 30 | 0,099 | 99,67 |
| 150 | 30 | 0.910 | 96,96 |

Keterangan: C₀: konsentrasi adsorbat sebelum proses adsorpsi, C_e: konsentrasi adsorbat sesudah proses adsorpsi dan Q: efisiensi adsorpsi.

Berdasarkan data pada **Tabel 5**, menunjukkan bahwa waktu kontak dari 30 menit dan 60 menit, konsentrasi adsorbat yang terserap semakin besar. Hal ini dikarenakan semakin lama waktu kontak maka semakin banyak zat adsorbat yang teradsorpsi (Batu *et al.*, 2022). Sedangkan pada waktu kontak 120 menit dan 150 menit, konsentrasi adsorbat yang terserap semakin kecil. Penurunan konsentrasi pada waktu 90 menit sampai 150 menit disebabkan karena telah terjadinya kesetimbangan antara zat adsorbat dengan karbon aktif, dimana kemampuan adsorben dalam mengadsorpsi adsorbat semakin kecil (Tanasale *et al.*, 2014) dan situs aktif pada pori-pori adsorben sudah mencapai titik jenuh sehingga akan menghambat proses adsorpsi (Anggrian *et al.*, 2020). Dari data pada **Tabel 5** diketahui bahwa waktu optimum terjadi pada waktu kontak 30 menit dengan efisiensi adsorpsi sebesar 99,84 %.

Penentuan Konsentrasi Adsorbat Optimum

Penentuan konsentrasi adsorbat optimum bertujuan untuk mengetahui berapa konsentrasi yang dibutuhkan adsorben untuk mencapai adsorpsi optimum. Hasil penentuan konsentrasi zat warna merah dapat terlihat pada **Tabel 6**.

Tabel 6. Hasil Penentuan Konsentrasi Adsorbat Optimum

| C ₀ (ppm) | C _e (ppm) | Q (%) |
|----------------------|----------------------|-------|
| 10 | 1,821 | 81,79 |
| 20 | 2,278 | 88,61 |
| 30 | 0,496 | 98,34 |
| 40 | 2,987 | 92,53 |
| 50 | 3,373 | 93,25 |

Keterangan: C₀: konsentrasi adsorbat sebelum proses adsorpsi, C_e: konsentrasi adsorbat sesudah proses adsorpsi dan Q: efisiensi adsorpsi.

Berdasarkan **Tabel 6**, menunjukkan bahwa pada konsentrasi adsorbat 10 ppm sampai 30 ppm mengalami peningkatan efisiensi adsorpsi. Hal tersebut dikarenakan, pori-pori pada adsorben masih mampu berikatan dengan adsorbat sehingga adsorbat belum mengalami kejenuhan. Selain itu juga, semakin tinggi konsentrasi zat warna rhodamin B dalam limbah, semakin banyak ion logam yang teradsorpsi (Setyawan *et al.*, 2019). Pada konsentrasi adsorbat 40 ppm dan 50 ppm mengalami penurunan efisiensi adsorpsi. Hal ini disebabkan karena jumlah konsentrasi adsorbat yang tinggi dan tidak sebanding dengan banyaknya adsorben sehingga daya adsorpsi adsorben mengalami penurunan. Tingginya konsentrasi adsorbat sangat berpengaruh terhadap sisi aktif yang terdapat pada permukaan adsorben, dimana jika jumlah sisi aktif adsorben lebih besar dibandingkan jumlah adsorbat maka efisiensi adsorpsi akan tinggi (Hamu *et al.*, 2019). Dari data pada **Tabel 6** diketahui bahwa keadaan setimbang terjadi pada konsentrasi adsorbat 30 ppm dengan efisiensi adsorpsi sebesar 98,71 %.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa sebagai berikut:

1. Karakteristik karbon aktif dari limbah tempurung buah lontar teraktivasi HCl 1 M memiliki kadar abu sebesar 9,173 %, kadar air sebesar 2,18 %. Berdasarkan hasil karakterisasi menunjukkan bahwa karbon aktif dari limbah tempurung buah lontar telah memenuhi Standar Nasional Indonesia Nomor 06-3730-1995 sehingga dapat digunakan sebagai adsorben untuk menyerap zat warna rhodamin B dalam limbah industri tekstil.
2. Hasil penentuan kondisi optimum pada proses adsorpsi Rhodamin B pada limbah industri tekstil dengan menggunakan karbon aktif dari limbah tempurung buah lontar didapatkan konsentrasi adsorbat optimum pada konsentrasi 30 ppm, waktu kontak optimum pada waktu 30 menit dan massa adsorben optimum pada massa 1,0 gram.

DAFTAR PUSTAKA

- Anggriani, J. E., Wirawan, T., & Alimudin. (2020). Pemanfaatan Ampas Kopi Sebagai Arang Aktif Untuk Adsorben Rhodamin B. *Jurnal Kimia Mulawarman*. 18(1), 22-28.
- Ariyani, R., Wirawan, T., & Hindryawati, N. (2020). Pembuatan arang aktif dari ampas tebu dan aplikasinya sebagai adsorben zat warna merah dari limbah pencelupan benang tenun sarung samarinda. *Prosiding Seminar Nasional Kimia Berwawasan Lingkungan*, 86–94.
- Asnawati, D., Handayani, S. S., Kamali, S. R., Hamdiani, S., Sumarlan, I., Darmayanti, M. G., & Aulia, L. G. (2020). Adsorpsi Metanil Yellow Menggunakan Karbon Aktif Limbah Cangkang Buah Kawista (*Limonia Acidissima* L.). *Jurnal Pijar Mipa*, 15(3), 247–251.
- Batu, M. S., Emerensiana, N., & Maria, M. K. (2022). Pembuatan Karbon Aktif Dari Limbah Sabut Pinang Asal Pulau Timor Sebagai Biosorben Logam Ca Dan Mg Dalam Air Tanah. *Jurnal Integrasi Proses*. 11(1), 21–25.
- Batu, M. S., Maria, M. K., Maria, F. T., & Agustina, R. S. (2023). Utilization of *Borrassus flabellifer* L. Palm Coir Activated with Potassium Hydroxide (KOH) as an Efficient Adsorbent for Rhodamine B Dye Removal. *Hydrogen: Jurnal Kependidikan Kimia*. 11(3), 296-304.
- Cut Mutia, N., Nasra, E., & Kurniawati, D. (2023). Optimasi Penyerapan Zat Warna Rhodamin B Menggunakan Biosorben Kulit Matoa (*Pometiapiinnata*) dengan Metode Batch. *Periodic*, 12(3), 31–34.

- Dewati, R. (2010). Kinetika Reaksi Pembuatan Asam Oksalat dari Sabut Siwalan Dengan Oksidator H_2O_2 . *Jurnal Penelitian Ilmu Teknik*, 10(1), 29–37.
- 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: Jurnal Pendidikan Dan Ilmu Kimia*, 5(1), 42–54.
- 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), 22–27.
- Hamu, G. V., Gauru, I., & Kadang, L. (2019). Pemanfaatan Arang Aktif Tempurung Kemiri (Aleurites moluccana L. Willd) Sebagai Adsorben Zat Warna Naphtol. *Chem. Notes*, 1(2), 12–23.
- Islamiyah, S. N., & Koestiari, T. (2014). Penggunaan Karbon Aktif Granular Sebagai Adsorben Logam Cu(II) Di Air Laut Kenjeran. *UNESA: Journal of Chemistry*, 3(3), 164–169.
- Jubilate, F., Zaharah, T. A., & Syahbanu, I. (2016). Pengaruh Aktivasi Arang Dari Limbah Kulit Pisang Kepok Sebagai Adsorben Besi (II) Pada Air Tanah. *Jurnal Kimia Khatulistiwa*, 5(4), 14–21.
- Klau, H. F., Ngginak, J., & Nge, T. S. (2019). Kandungan Gula Reduksi dalam Nira Siwalan (Borassus flabellifer L) sebelum Pemasakan dan setelah Proses Pemasakan. *BIOSFER: J. Bio. & Pend. Bio*, 4(1), 20–24.
- Lano, L. A., Ledo, M. E. S., & Nitsae, M. (2020). Pembuatan Arang Aktif dari Tempurung Siwalan (Borassus flabellifer L.) yang Diaktivasi dengan Kalium Hidroksida (KOH). *Biota : Jurnal Ilmiah Ilmu-Ilmu Hayati*, 5(1), 8–15.
- Laksono, E.W. (2009). Kajian Penggunaan Adsorben Sebagai Alternatif Pengolahan Limbah Zat Pewarna Tekstil. *Seminar Nasional Kimia Jurusan Pendidikan FMIPA Universitas Negeri Yogyakarta*, 95-99.
- Manurung, M., Sahara, E., & Sihombing, P. S. (2019). Pembuatan Dan Karakterisasi Arang Aktif Dari Bambu Apus (Gigantochloa apus) Dengan Aktivator H_3PO_4 . *Jurnal Kimia (Journal of Chemistry)*, 13(1), 16–21.
- Nafi'ah, R. (2016). Kinetika Adsorpsi Pb(II) dengan Adsorben Arang Aktif dari Sabut Siwalan. *Jurnal Farmasi Sains Dan Praktis*, 1(2), 1–10.
- Nainggolan, L., Sudiarta, I. W., & Suarsa, I. W. (2023). Sintesis Fotokatalis ZnO-SiO₂ Menggunakan Metode Sol-Gel Pada Fotodegradasi Zat Warna Rhodamin B. *Jurnal Kimia (Journal Of Chemistry)*, 17(2), 143–150.
- Pari, G., Tohir, D., Mahpudin., & Ferry, J. (2006). Arang Aktif Serbuk Gergaji Kayu Sebagai Bahan Adsorben pada Pemurnian Minyak Goreng Bekas. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan..* 24(4), 309–322.
- Permatasari, A. R., Khasanah, L. U., & Widowati, E. (2014). Karakterisasi Karbon Aktif Kulit Singkong (Manihot Utilissima) Dengan Variasi Jenis Aktivator. *Jurnal Teknologi Hasil Pertanian*, 7(2), 70–75.
- Purnamawati, H., & Utami, B. (2014). Pemanfaatan Limbah Kulit Buah Kakao (Theobroma cocoa L.) Sebagai Adsorben Zat Warna Rhodamin B. *Prosiding Seminar Nasional Fisika Dan Pendidikan Fisika (SNFPF) Ke-5*, 12-18.
- Ramdja, A. F., Halim, M., & Handi, J. (2008). Pembuatan Karbon Aktif Dari Pelepah Kelapa (Cocus nucifera). *Jurnal Teknik Kimia*, 15(2), 1–8.
- Sa'adah, N., Hastuti, R., & Prasetya, N. B. A. (2013). Pengaruh Asam Formiat Pada Bulu Ayam Sebagai Adsorben Terhadap Penurunan Kadar Larutan Zat Warna Tekstil Remazol Golden Yellow RNL. *Chem Info*, 1(1), 202–209.
- Sahara, E., Gayatri, P. S. dan Suarya, P. 2018. Adsorpsi Zat Warna Rhodamin-B dalam Larutan oleh Arang Aktif Batang Tanaman Gunitir Teraktivasi Asam Fosfat. *Cakra kimia (Indonesian*

- E-Journal of Applied Chemistry*). 6(1): 37-45.
- Saitoh, T., Saitoh, M., Hattori, C., & Hiraide, M. (2014). Rapid removal of cationic dyes from water by coprecipitation with aluminum hydroxide and sodium dodecyl sulfate. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 2(1), 752–758.
- Setiyanto, Riwayanti, I., & Kurniasari, L. (2015). Adsorpsi Pewarna Tekstil Rodhamin B Menggunakan Senyawa Xanthat Pulpa Kopi. *Momentum*, 11(1), 24–28.
- Setyawan, M. N., Wardani, S., & Kusumastuti, E. (2018). Arang Kulit Kacang Tanah Teraktivasi H_3PO_4 sebagai Adsorben Ion Logam Cu(II) dan Diimobilisasi dalam Bata Beton. *Indonesian Journal of Chemical Science*, 7(3), 262–269.
- Sitanggang, T., Shofiyani, A., & Syahbanu, I. (2017). Karakterisasi Adsorpsi Pb(II) Pada Karbon Aktif Dari Sabut Pinang (Areca catechu L) Teraktivasi H_2SO_4 . *JKK*, 6(4), 49–55.
- SNI, 1995, SNI 06-3730-1995: Arang Aktif Teknis, Badan Standardisasi Nasional, Jakarta.
- Tanasale, M. F. J. D. ., Sutapa, I. W., & Topurtawy, R. R. (2014). Adsorpsi Zat Warna Rhodamin B oleh Karbon Aktif dari Kulit Durian (*Durio zibethinus*). *Ind. J. Chem. Res.*, 2(1), 116–121.
- Ulya, A., Nasra, E., Amran, A., & Kurniawati, D. (2022). Adsorpsi Zat Warna Rhodamine B Dengan Karbon Aktif Kulit Durian sebagai Adsorben. *Jurnal Periodic*, 11(2), 74–77.
- Wicakso, D. R., Mirwan, A., & Abdullah, A. (2012). Upaya Penurunan Kadar Merkuri Dalam Media Air Menggunakan Adsorben 2-Mercaptobenzothiazole (MBT)–Lempung Aktif. *Konversi*, 1(1), 7–12.
- Worch, E. (2012). Adsorption Technology in Water Treatment. Walter de Gruyter GmbH dan Co. Berlin.
- Wu, J. S., Liu, C. H., Chu, K. H. & Suen, S.Y. (2008). Removal of cationic dye methyl violet 2B from water by cation exchange membranes. *Journal of Membrane Science*. 309(1-2), 239-245.