

## Adsorpsi Zat Warna *Remazol Brilliant Blue R* Pada Limbah Industri Batik Menggunakan Adsorben dari Mahkota Buah Nanas

### Adsorption of Remazol Brilliant Blue R Dye on Batik Industry Waste Using Pineapple Crown Adsorbent

Siswanti\*, Yobellya Putri and Afifah Hasna Oktaviana

*Progam Studi Teknik Kimia, Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik Industri, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta, Jl. SWK 104 (Lingkar Utara) Condongcatur, Yogyakarta, 55283, Indonesia*

#### Artikel histori :

Diterima 24 Agustus 2023  
Diterima dalam revisi 27 November 2023  
Diterima 28 November 2023  
Online 5 Desember 2023

**ABSTRAK:** Industri batik banyak yang menggunakan zat warna reaktif *Remazol Brilliant Blue R* (RBBR) pada proses pewarnaan. RBBR merupakan zat warna yang memberikan warna cerah namun sulit terdegradasi dan bersifat karsinogenik. Proses pewarnaan ini menghasilkan limbah cair yang berbahaya sehingga perlu dilakukan pengolahan. Adsorpsi menggunakan karbon aktif sebagai adsorben menjadi salah satu cara untuk menurunkan konsentrasi RBBR dalam limbah cair industri batik. Dalam penelitian ini adsorben yang digunakan berasal dari mahkota buah nanas, dengan pertimbangan kandungan selulosanya tinggi serta mahkota buah nanas masih jarang dimanfaatkan dan hanya menjadi sumber limbah di lingkungan. Variabel dalam penelitian ini adalah massa adsorben 1, 2, 3, 4, dan 5 gram serta waktu kontak proses adsorpsi 10, 20, 30, hingga 110 menit. Penelitian dimulai dari pembuatan adsorben mahkota buah nanas, penentuan panjang gelombang maksimum, pembuatan kurva standar, serta pengukuran kadar RBBR sebelum dan setelah adsorpsi dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Adsorben mahkota buah nanas berukuran -80 + 100 mesh, dengan kadar air  $13,33 \pm 0,0245\%$ , luas permukaan  $297,9 \text{ m}^2/\text{g}$ , volume pori  $29,91 \text{ cm}^3/\text{g}$  dan berdiameter pori  $2079,47 \text{ \AA}$ . Dengan penggunaan adsorben 4 gram dan waktu kontak 100 menit, menghasilkan kemampuan adsorpsi maksimum 74,55% dengan kadar RBBR akhir pada limbah 47,0209 ppm.

**Kata kunci:** mahkota buah nanas; karbon aktif; limbah batik; *Remazol Brilliant Blue R*; adsorpsi

**ABSTRACT:** Many batik industries use Remazol Brilliant Blue R (RBBR) in the dyeing process. RBBR is a dye that provides bright colors but is difficult to degrade and is carcinogenic so it needs to be processed. Adsorption using activated carbon is one way to reduce the concentration of RBBR in wastewater. In this research, the adsorbent used came from pineapple crowns, because of its high cellulose content and usually becomes waste for the environment. The variables in this study were adsorbent masses of 1, 2, 3, 4, and 5 grams and adsorption contact times of 10, 20, 30, up to 110 minutes. The research started from making the adsorbent, determining the maximum wavelength, making a standard curve, and measuring RBBR levels before and after adsorption using a UV-Vis spectrophotometer. The pineapple crown adsorbent measures -80+100 mesh, has a water content of  $13.33 \pm 0.0245\%$ , a surface area of  $297.9 \text{ m}^2/\text{g}$ , a pore volume of  $29.91 \text{ cm}^3/\text{g}$  and a pore diameter of  $2079.47 \text{ \AA}$ . The research results showed that the RBBR concentration of batik waste had decreased, optimum adsorption was 74.55% with a final RBBR content of 47.0209 ppm occurring at an adsorbent mass of 4 g, at a contact time of 100 minutes.

**Keywords:** pineapple crown; activated carbon; batik waste; Remazol Brilliant Blue R; adsorption

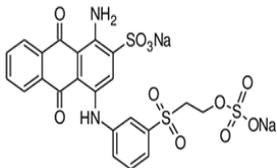
\* corresponding author  
Email address: [siswanti@upnyk.ac.id](mailto:siswanti@upnyk.ac.id)

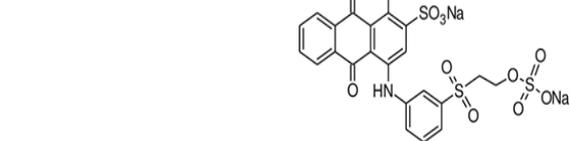


## 1. Pendahuluan

Zat Warna *Remazol Brilliant Blue R* (RBBR) merupakan zat warna reaktif yang banyak digunakan dalam industri tekstil termasuk industri batik. RBBR bersifat toksik, bertahan lama di lingkungan, memiliki gugus kromofor yang mudah mengikat serat dan memberikan warna-warna cerah serta tidak mudah luntur, tahan terhadap proses oksidasi kimia karena kestabilan struktur aromatik antrakuinon (Hidayati et al., 2016). Bagian fungsional RBBR dapat mengikat air dan menyebabkan hidrolisis, sehingga 10-50% zat warna ini dapat terkandung dalam limbah cair. Limbah zat warna ini berbahaya, tidak hanya mempengaruhi air tetapi juga mengganggu kehidupan manusia (Sathishkumar et al., 2012).

**Tabel 1.** Karakteristik *Remazol Brilliant Blue R*

Komponen	Keterangan
Nama	<i>Remazol Brilliant Blue R</i> (RBBR)
IUPAC	<i>Disodium 1-amino-9, 10-dioxo-4-[3-(2-sulfonatooxyethyl sulfonyl) anilino] anthracene-2-sulfonate</i>
Nama komersial	<i>Reactive Blue 19</i>
Rumus molekul	$C_{22}H_{16}N_2Na_2O_{11}S_3$
Berat molekul	626,54 g/mol
Nomor CA	2580-78-1
Panjang gelombang maksimum ( $\lambda_{max}$ )	590 nm
Struktur kimia	



(Sumber: Ahmad et al., 2020)

Berdasarkan data dari lingkungan hidup, banyak ditemukan kasus penyakit kulit disekitar lingkungan yang terdapat limbah tekstil. Bila zat warna yang bersifat karsinogenik tersebut masuk ke dalam tubuh manusia maka dapat menyebabkan tumbuhnya kanker. Selain itu, struktur aromatik pada zat warna sulit mengalami biodegradasi sehingga limbah zat warna sukar diuraikan pada kondisi aerob dan membutuhkan penanganan yang serius dalam pengelolaannya.

Berbagai metode pengolahan limbah zat warna yang telah dikembangkan antara lain pemisahan menggunakan membran, oksidasi, koagulasi, degradasi, penukar ion dan adsorpsi. Metode adsorpsi dianggap sebagai metode yang paling menguntungkan karena prosesnya sederhana, memiliki efektifitas dan kapasitas adsorpsi tinggi, selektif, biaya operasional rendah dan tidak memberikan efek samping berupa zat beracun. Karbon aktif merupakan adsorben yang paling banyak digunakan, karena memiliki

luas permukaan lebih besar dari adsorben lainnya, sehingga dapat menyerap lebih banyak molekul adsorbat (Hidayati et al., 2016). Menurut Raj et al. (2021), karbon aktif efektif menjadi adsorben untuk menjepit zat warna remazol.

Bahan baku karbon aktif dapat diperoleh dari bahan dengan kadar selulosa tinggi biasanya mudah didapat dari limbah pertanian dan perkebunan dalam jumlah banyak dengan harga relatif murah, diantaranya adalah bonggol jagung, tempurung kelapa, limbah nanas, serat kayu, mahkota nanas dan lain sebagainya. Mahkota nanas (*Ananas comosus* L) mengandung 58-66% selulosa. Melalui proses pembakaran tidak sempurna, selulosa dapat menghasilkan karbon yang dapat dimanfaatkan menjadi adsorben. Sampai saat ini mahkota nanas masih jarang dimanfaatkan dan hanya menjadi sumber limbah di lingkungan.

Bersamaan dengan perkembangan dan besarnya minat masyarakat terhadap batik, maka keberadaan industri batik juga akan mengalami peningkatan. Hal ini mengakibatkan semakin banyak limbah yang dihasilkan dan berdampak negatif bagi lingkungan. Permasalahan lingkungan yang ditimbulkan salah satunya adalah limbah cair dari proses pembuatan batik yang menggunakan bahan-bahan kimia dan zat warna reaktif dalam proses produksinya. Oleh sebab itu perlu dilakukan penelitian pengolahan limbah cair yang mengandung zat warna reaktif dan bersifat toksik, salah satunya adalah RBBR dengan proses adsorpsi menggunakan adsorben dari bahan yang belum banyak dimanfaatkan misalnya mahkota buah nanas. Hasil dari penelitian ini diharapkan mampu memaksimalkan pengelolaan limbah industri batik dan limbah mahkota nanas dengan mengetahui pengaruh banyaknya adsorben karbon aktif dari mahkota buah nanas dan waktu kontak adsorpsi terhadap banyaknya RBBR dalam limbah batik yang teradsorpsi untuk meminimalisir kandungan RBBR dalam limbah batik serta menambah wawasan pengelolaan limbah.

## 2. Landasan Teori

Menurut Bispo et al. 2018, dan R. Gokulan, et al., 2019, salah satu upaya strategis yang dapat dilakukan untuk mengatasi potensi pencemaran zat warna Remazol adalah dengan melakukan proses pre-treatment sebelum air limbah industri dibuang ke perairan. Metode pre-treatment yang pernah dicoba sangat bervariasi, mulai dari metode fisika, kimia, maupun biologi. Dari sejumlah metode yang pernah digunakan, metode fisika berupa adsorpsi merupakan proses alternatif yang efektif untuk dilakukan, terutama karena prosesnya yang sederhana dengan biaya relatif rendah, dan berbagai modifikasi yang memungkinkan untuk dilakukan untuk semakin meningkatkan efektivitasnya (Saraswati et al., 2022).

Adsorpsi banyak digunakan pada pemurnian industri tekstil karena dinilai cepat dan efektif dalam menghilangkan zat warna. Karbon aktif merupakan adsorben paling efisien dan efektif dalam penghilangan zat

warna. Salah satu parameter keberhasilan adsorpsi, yaitu warna yang memudar bahkan menjadi tidak berwarna (Deaconu et al., 2016).

Adsorpsi adalah proses perpindahan fasa yang banyak digunakan untuk menyisihkan suatu komponen dari fasa fluida (gas atau cairan). Adsorpsi dapat juga didefinisikan sebagai akumulasi atau adhesi molekul (fasa gas atau cair) pada permukaan material padat. Pengertian umum adsorpsi adalah proses pengayaan spesies kimia dari fase fluida pada permukaan padatan. Pada pengolahan air, adsorpsi merupakan proses penyisihan zat terlarut tunggal maupun dalam jumlah banyak. Molekul atau ion disisihkan dari larutan akuatik melalui mekanisme adsorpsi ke permukaan padat (Setianingsih, 2018).

Pada proses adsorpsi menggunakan istilah adsorben dan adsorbat. Adsorben adalah suatu media penyerap yang dalam hal ini berupa senyawa karbon aktif, sedangkan adsorbat merupakan suatu media atau senyawa yang diserap (Walas, S. M., 1990). Adsorpsi dengan karbon aktif adalah salah satu proses yang paling efisien ketika digunakan terhadap air yang telah terkontaminasi.

Faktor-faktor yang mempengaruhi proses adsorpsi antara lain:

a. Luas permukaan adsorben

Semakin luas permukaan adsorben maka semakin banyak adsorbat yang teradsorpsi sebab semakin banyak pula pori-pori aktif yang tersedia pada adsorben untuk berkontak dengan adsorbat. Semakin luas permukaan maka akan semakin luas pula daya adsorpsi karena proses adsorpsi terjadi pada permukaan adsorben (Silalahi, 2022). Luas permukaan adsorben ditentukan oleh jumlah dari adsorben (Syauqiah et al., 2011).

b. Ukuran molekul adsorbat

Molekul-molekul adsorbat akan dapat diadsorpsi apabila mempunyai diameter lebih kecil dari diameter permukaan pori adsorben yang digunakan (Silalahi, S. A., 2022).

c. Konsentrasi adsorbat

Semakin besar konsentrasi adsorbat dalam larutan maka semakin banyak jumlah substansi yang terkumpul pada permukaan adsorben, sehingga molekul adsorbat mudah masuk ke dalam sisi aktif adsorben (Syauqiah et al., 2011).

d. Suhu

Pemanasan atau pengaktifan adsorben akan menyebabkan pori-pori adsorben lebih terbuka, sehingga akan meningkatkan daya serap adsorben terhadap adsorbat. Pemanasan yang terlalu tinggi menyebabkan rusaknya adsorben sehingga kemampuan penyerapannya menurun (Syauqiah et al., 2011). Menurut Bonassa dkk (2016), temperatur yang tinggi dapat menyebabkan terjadinya desorpsi (Sera et al., 2019).

e. Waktu Kontak

Pada awal waktu kontak, adsorpsi berlangsung cepat karena sisi aktif pada adsorben masih cukup banyak sehingga frekuensi terjadinya ikatan dengan molekul adsorbat cukup tinggi. Semakin lama waktu kontak maka semakin besar kapasitas adsorpsi dari adsorben, hal ini disebabkan waktu kontak yang relatif lama akan memberikan kesempatan yang lebih lama terhadap adsorben untuk berinteraksi dengan adsorbat sehingga daya serap adsorben dapat

bekerja dengan optimal. Setelah kondisi optimum tercapai, maka akan terjadi penurunan kapasitas adsorpsi adsorben terhadap adsorbat. Pada kondisi ini tidak semua molekul-molekul adsorbat dapat berinteraksi dengan sisi aktif dari adsorben dikarenakan terjadi kejenuhan pada adsorben dan sebagian adsorben melepaskan adsorbat sehingga terjadi penurunan kapasitas adsorpsi (Syafrianda et al., 2017). Dengan bertambahnya waktu kontak, jumlah adsorbat yang terserap pada permukaan adsorben semakin meningkat hingga tercapai titik setimbang. Waktu kontak antara adsorben dan adsorbat yang terlalu lama dapat menyebabkan kondisi adsorben menjadi jenuh dan adsorbat menjadi terlepas (Zian et al., 2016). Waktu kontak adalah parameter penting dalam proses adsorpsi. Parameter ini berkaitan dengan banyaknya tumbukan antara adsorben dan adsorbat. Tumbukan ini akan terjadi hingga tercapai kondisi kesetimbangan adsorpsi, dimana laju adsorpsi relatif sama dengan laju desorpsi. Sebelum tercapai kondisi kesetimbangan, semakin lama waktu adsorpsi hingga mencapai kapasitas optimum, maka semakin besar adsorbat bertumbukan dengan adsorben. Semakin lama waktu kontak maka semakin besar adsorbat yang teradsorpsi pada sisi aktif adsorben. Namun setelah waktu kontak dimana kapasitas optimum tercapai, maka akan terjadi penurunan kapasitas adsorpsi. Hal ini disebabkan, sebagian besar sisi aktif adsorben telah ditempati dan dijenuhkan oleh adsorbat, sehingga menyisakan sejumlah kecil sisi aktif yang tersedia untuk adsorpsi adsorbat. Selain itu, setelah jenuh juga terdapat kemungkinan terjadinya pelepasan adsorbat hasil interaksi dengan adsorben ke dalam larutan (Neolaka et al., 2022).

f. Massa adsorben

Seiring dengan bertambahnya massa adsorben yang digunakan, maka jumlah adsorbat yang teradsorpsi akan semakin meningkat. Dengan bertambahnya massa adsorben maka luas permukaan aktif adsorben yang dapat berkontak dengan adsorbat juga semakin besar. Hal ini disebabkan semakin banyak massa adsorben yang digunakan maka semakin banyak pori-pori aktif untuk menjerap adsorbat. Tetapi ketika massa adsorben sudah mencapai optimum yaitu pada kondisi prosentase adsorbat yang teradsorpsi mencapai maksimum, maka dengan adanya penambahan massa adsorben akan menyebabkan prosentase adsorbat yang teradsorpsi mengalami penurunan. Hal ini disebabkan kurangnya maksimalnya interaksi antara adsorbat dengan adsorben (Widwastuti et al., 2019). Menurut Reyra dkk., (2017), semakin tinggi massa adsorben maka kapasitas adsorpsinya akan semakin menurun, penurunan kapasitas adsorpsi disebabkan oleh adanya sisi aktif adsorben yang belum semuanya berikatan dengan adsorbat (Takarani et al., 2019). Penurunan massa adsorbat yang teradsorpsi disebabkan konsentrasi adsorbat yang terserap pada permukaan adsorben lebih besar dibandingkan konsentrasi adsorbat yang tersisa dalam larutan. Perbedaan konsentrasi tersebut menyebabkan adsorbat yang sudah terikat pada adsorben akan terdesorpsi kembali ke dalam larutan (Irawan et al., 2015). Massa adsorben adalah besaran penting yang dapat digunakan untuk menyatakan jumlah sisi aktif yang dapat digunakan untuk adsorpsi adsorbat.

Semakin bertambahnya massa adsorben, maka permukaan aktif adsorben akan meningkat sampai kapasitas adsorpsi optimum tercapai. Pada kondisi ini luas permukaan aktif jauh lebih besar, sehingga menghasilkan kemungkinan besar partikel adsorbat bersentuhan dengan adsorben pada permukaan aktif. Apabila kapasitas adsorpsi optimum telah tercapai, maka dengan ditambahkan massa adsorben akan terjadi penurunan kapasitas adsorpsi. Hal ini disebabkan adanya aglomerasi partikel adsorben sehingga jumlah adsorbat yang teradsorpsi semakin berkurang (Neolaka et al., 2022).

#### g. Kecepatan pengadukan

Kecepatan pengadukan tidak boleh terlalu cepat atau terlalu lambat. Bila pengadukan terlalu lambat, maka proses adsorpsi berlangsung lambat pula. Tetapi bila pengadukan terlalu cepat, maka kemungkinan struktur adsorben cepat rusak sehingga proses adsorpsi kurang optimal (Mufrodi et al., 2008). Dari hasil penelitian tentang adsorpsi logam Fe dalam limbah cuci foto *rontgen* (limbah *fixer*) menunjukkan bahwa kandungan Fe dalam limbah cenderung menurun seiring meningkatnya kecepatan pengadukan, penurunan terbesar terdapat pada kecepatan pengadukan 90 rpm. Penggunaan kecepatan pengadukan di atas 90 rpm menyebabkan jumlah logam Fe yang terserap berkurang, karena ikatan antar partikel adsorben dan adsorbat terlepas. Terlalu cepatnya pengadukan membuat karbon aktif tidak sempat membentuk ikatan yang kuat dengan partikel logam. Akibatnya hanya sedikit Fe yang mampu terserap. Dapat dikatakan kecepatan 90 rpm adalah kecepatan aduk yang efektif untuk adsorpsi Fe (Syauqiah et al., 2011).

### 3. Metode Penelitian

#### 3.1. Alat dan Bahan

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah *magnetic stirrer* dan *plate magnetic stirrer*, pisau, nampan, oven, desikator, *stopwatch*, neraca digital, *furnace*, cawan porselin, alat-alat gelas laboratorium, mortar, Spektrofotometer UV-Vis, Kuvet, kertas saring Whatman No. 42, dan ayakan 80 dan 100 mesh. Sedangkan bahan yang digunakan adalah mahkota nanas Batu,  $H_2SO_4$  1 M, limbah batik, aquades dan bubuk *Remazol Brilliant Blue R* (RBBR).

#### 3.2. Cara Kerja

##### 3.2.1. Percobaan Pendahuluan

###### a. Pembuatan Adsorben Karbon Aktif

Mahkota nanas dipotong, dicuci menggunakan air mengalir sampai bersih, kemudian dikeringkan dengan oven pada suhu  $105^\circ C$  hingga beratnya konstan. Mahkota nanas yang sudah kering dikarbonisasi di dalam *furnace* pada  $400^\circ C$  selama dua jam (Sirajuddin dkk., 2019:23). Setelah proses karbonisasi selesai, karbon yang terbentuk kemudian dihaluskan dan diayak dengan ukuran -80+100 mesh.

Karbon yang sudah diayak kemudian diaktivasi. Asam sulfat ( $H_2SO_4$ ) dipilih sebagai aktivator karena mampu menghasilkan karbon aktif dengan daya serap lebih baik dibanding  $H_3PO_4$  sebagai aktivatornya (Setiawan et al,

2017). Sebanyak 50 gram karbon mahkota nanas dimasukkan ke gelas beker yang telah berisi 250 mL  $H_2SO_4$  1 M selama 24 jam pada suhu ruangan. Setelah proses aktivasi, karbon aktif disaring menggunakan kertas saring dan dicuci menggunakan aquades hingga hasil cucian memiliki pH netral. Selanjutnya karbon aktif dikeringkan menggunakan oven pada  $105^\circ C$  hingga berat konstan.

###### b. Pembuatan Larutan Induk RBBR

Bubuk RBBR dibeli dari toko pewarna tekstil di Plengkung Gading, Yogyakarta. Sebanyak 50 mg bubuk RBBR bubuk dilarutkan dalam aquades 1 L di dalam labu ukur sehingga dihasilkan larutan induk RBBR. Selanjutnya dibuat larutan RBBR dengan variasi konsentrasi 40, 30, 20, dan 10 ppm melalui pengenceran larutan induk RBBR.

###### c. Panjang Gelombang pada Serapan Maksimum

Penentuan panjang gelombang pada serapan maksimum dilakukan dengan spektrofotometer UV-Vis pada rentang panjang gelombang 400-800 nm, dengan menggunakan larutan induk RBBR konsentrasi 50 ppm, sehingga hasilnya dapat diketahui nilai panjang gelombang pada serapan maksimum.

###### d. Pembuatan Kurva Standar

Larutan RBBR dengan variasi konsentrasi 10, 20, 30, dan 40 ppm yang telah dibuat dari pengenceran larutan induk, akan diamati absorbansinya dengan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang dengan serapan maksimum yang telah diperoleh dari pengamatan, sehingga didapat kurva standar yaitu grafik hubungan antara konsentrasi RBBR dengan absorbansi.

###### e. Penentuan Konsentrasi RBBR Awal pada Limbah Cair Industri Batik

Limbah cair batik dari pengrajin batik di daerah Sleman, D.I. Yogyakarta diamati nilai absorbansinya dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang dengan serapan maksimum. Konsentrasi awal RBBR pada limbah batik tersebut ditentukan dengan cara memplotkan nilai absorbansi yang diperoleh dari pengamatan ke dalam kurva standar.

##### 3.2.2. Percobaan dengan Variasi Massa Adsorben

Adsorben karbon aktif sebanyak 1, 2, 3, 4, dan 5 gram, masing-masing dimasukkan ke dalam 100 ml limbah cair batik, diaduk menggunakan *magnetic stirrer* selama 30 menit, dengan kecepatan pengadukan 90 rpm, kemudian didiamkan selama 1 jam. Larutan disaring dengan menggunakan kertas saring. Dengan spektrofotometer UV-Vis diamati absorbansinya pada panjang gelombang serapan maksimum untuk ditentukan kandungan RBBR didalamnya.

##### 3.2.3. Percobaan dengan Variasi Waktu Kontak

Setiap 100 mL limbah cair batik ditambahkan massa adsorben yang menghasilkan adsorpsi maksimum. Kemudian diaduk menggunakan *magnetic stirrer* dengan kecepatan 90 rpm dengan variasi waktu kontak 10, 20, 30, 40, hingga 110 menit. Setelah waktu yang diinginkan tercapai, larutan didiamkan selama 1 jam. Selanjutnya

larutan disaring dengan menggunakan kertas saring untuk diamati absorbansinya dengan spektrofotometer UV-Vis, kemudian ditentukan kandungan RBBR didalamnya.

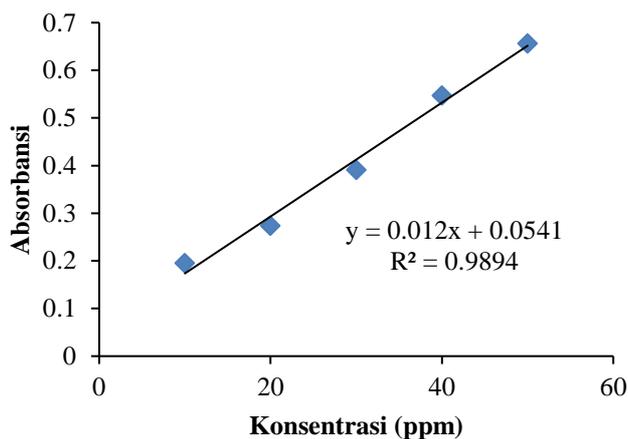
#### 4. Hasil dan Pembahasan

##### 4.1. Penentuan Panjang Gelombang pada Serapan Maksimum

Hasil percobaan pengukuran panjang gelombang pada serapan maksimum dari larutan RBBR tercapai pada panjang gelombang 570 nm. Panjang gelombang pada serapan maksimum ini digunakan untuk mengamati besarnya nilai absorbansi dari data percobaan yang dilakukan, karena memberikan penyerapan paling tinggi sehingga diperoleh data yang lebih akurat.

##### 4.2. Pembuatan Kurva Standar

Hubungan antara konsentrasi larutan RBBR dengan nilai absorbansi yang diamati pada panjang gelombang serapan maksimum, 570 nm, tersaji dalam kurva standar pada Gambar 1. Pembuatan kurva standar ini akan digunakan untuk menentukan besarnya kadar RBBR setelah adsorpsi dengan adsorben.



Gambar 1. Hubungan antara konsentrasi larutan standar RBBR (ppm) dengan absorbansi

##### 4.3. Karakteristik Adsorben Mahkota Buah Nanas

###### a. Kadar Air

Kadar air merupakan salah satu parameter kualitas adsorben yang digunakan untuk adsorpsi. Adsorben dari mahkota buah nanas berupa karbon aktif hasil aktivasi dengan larutan  $H_2SO_4$  1 M diuji kandungan air yang terkandung di dalamnya. Berdasarkan SNI 06-37370-1995, karbon aktif yang berkualitas baik memiliki kadar air maksimal sebesar 15%. Dari hasil percobaan diperoleh kadar air adsorben adalah sebesar  $13,33 \pm 0,0245\%$ . Hal ini menunjukkan bahwa karbon aktif dari mahkota buah nanas memenuhi salah satu standar baku mutu kualitas karbon aktif.

###### b. Karakteristik Berdasarkan BET Analyzer

BET analyzer digunakan untuk menguji karakteristik luas permukaan dan ukuran pori adsorben dari mahkota buah nanas. Pengujian ini dilakukan di Laboratorium UPT UPN "Veteran" Yogyakarta. Adsorben sebelum dan sesudah aktivasi diuji menggunakan alat ini sehingga diperoleh data pada Tabel 2.

Hasil uji ini membuktikan bahwa proses aktivasi berguna untuk membuka pori-pori baru, meningkatkan volume yang mampu diserap pori, serta memperbesar diameter pori karbon. Hal ini membuat kinerja adsorpsi lebih optimal.

Tabel 2. Hasil Uji BET Analyzer

Karakteristik	Karbon	Karbon Aktif
Luas Permukaan ( $m^2/g$ )	5,901	297,9
Volume pori total ( $cc/g$ )	0,992	29,91
Diameter pori rata-rata ( $\text{\AA}$ )	238,3	2079,47

##### 4.4. Pengujian RBBR Awal dalam Limbah Cair Batik

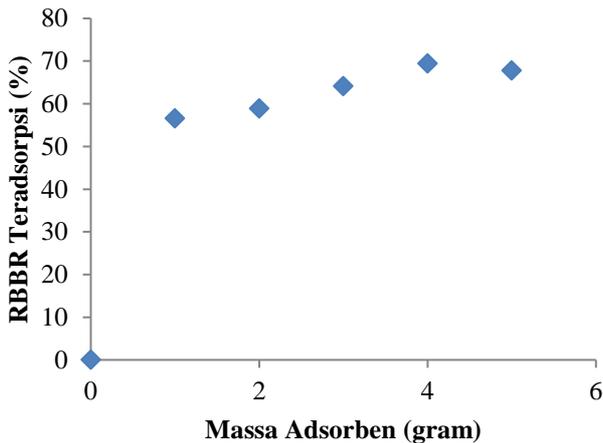
Uji spektrofotometri UV-Vis pada panjang gelombang 570 nm dilakukan untuk mengetahui konsentrasi RBBR awal pada limbah cair industri batik yang digunakan sebagai sampel. Dari hasil pengamatan, diperoleh konsentrasi awal sebesar 184,7615 ppm pada limbah cair industri batik sebelum diberi perlakuan. Konsentrasi awal RBBR ini dihitung dengan menggunakan persamaan garis dari grafik hubungan antara konsentrasi larutan standar RBBR (ppm) dengan absorbansi pada Gambar 1.

##### 4.5. Percobaan dengan Variasi Massa Adsorben

Pengaruh massa adsorben terhadap jumlah RBBR dalam limbah cair batik yang terjerap oleh adsorben dengan menggunakan volume limbah 100 mL dan waktu adsorpsi 30 menit, ditunjukkan pada Tabel 3 dan Gambar 2. Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa dengan bertambahnya massa adsorben yaitu pada data massa adsorben 1- 4 gram maka menyebabkan terjadinya peningkatan kadar RBBR yang terjerap pada adsorben. Hal ini disebabkan dengan bertambahnya massa adsorben maka luas permukaan aktif adsorben yang dapat berkontak dengan adsorbat juga semakin besar, sehingga RBBR yang terjerap oleh adsorben juga semakin besar. Semakin banyak massa adsorben yang digunakan maka semakin banyak pori-pori aktif untuk menjerap adsorbat. Hal ini sesuai dengan teori yang menyatakan bahwa luas permukaan kontak adsorben berbanding lurus dengan jumlah adsorbat yang dapat terjerap, dikarenakan semakin banyak sisi aktif dengan bertambahnya massa adsorben. Dengan meningkatnya jumlah RBBR yang terjerap dalam adsorben, maka kadar RBBR di dalam limbah menjadi semakin menurun. Gambar 2 menunjukkan bahwa persentase RBBR teradsorpsi optimum oleh adsorben mahkota buah nanas pada proses adsorpsi RBBR dapat dicapai ketika massa adsorben yang digunakan 4 gram maka RBBR yang teradsorpsi 69,43% RBBR mula-mula.

Pada Gambar 2 dan Tabel 3 menunjukkan bahwa ketika massa adsorben sebesar 5 gram, terjadi penurunan

penjerapan dengan perbedaan yang tidak terlalu signifikan dengan kadar RBBR yang terjerap sebelumnya. Penurunan ini disebabkan terjadinya aglomerasi adsorben, sehingga permukaan aktif adsorben menjadi berkurang. Dengan bertambahnya massa adsorben pada volume limbah dan kadar mula-mula RBBR yang tetap, mengakibatkan adsorbat menjadi sulit terjerap ke dalam adsorben karena bertumpuknya adsorben, sehingga menyulitkan adsorbat untuk terjerap ke adsorben



**Gambar 2.** Hubungan massa adsorben dengan persentase RBBR yang teradsorpsi

Aglomerasi dari karbon aktif yang digunakan dapat menyebabkan pori karbon aktif tidak efektif untuk menyerap RBBR. Hal ini berkaitan dengan menyempitnya luas permukaan aktifnya. Karbon aktif yang cenderung menggumpal memiliki jumlah sisi aktif yang lebih sedikit sehingga kemampuan adsorpsinya lebih kecil. Zat yang kurang terjerap ini mengakibatkan gaya Van der Waals melemah. Gaya Van der Waals ini mempengaruhi berkurangnya daya tarik karbon aktif terhadap RBBR dalam limbah cair batik yang ada di permukaan untuk masuk atau tertarik ke dalam karbon aktif.

**Tabel 3.** Pengaruh Massa Adsorben terhadap Kadar RBBR Di dalam Limbah Batik

Massa Adsorben (gram)	Kadar RBBR Di dalam Limbah (ppm)
0	184,7615
1	80,2427
2	75,8912
3	66,3515
4	56,4770
5	59,5732

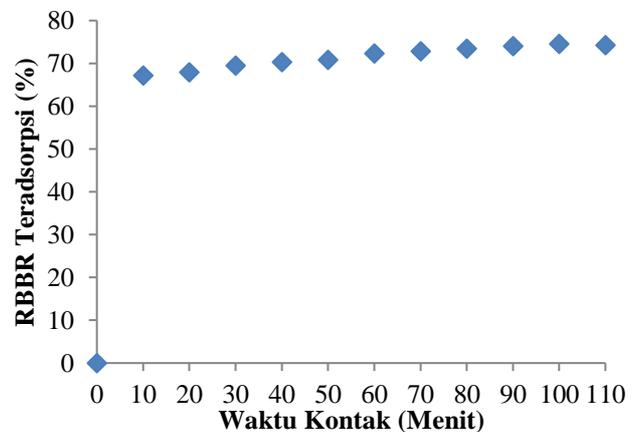
Hasil adsorpsi menunjukkan limbah cair batik yang semula berwarna coklat pekat berubah menjadi warna merah bata yang lebih encer. Adsorben dari karbon mahkota buah nanas mampu mendegradasi zat warna RBBR yang terkandung dalam limbah batik. Penambahan

massa adsorben menyebabkan penurunan konsentrasi limbah cair, namun perubahan warnanya tidak signifikan.

Berdasarkan hasil percobaan yang telah dilakukan, adsorpsi maksimum diperoleh dengan massa adsorben sebanyak 4 gram, dengan kadar RBBR akhir sebesar 56,4770 ppm dan persentase adsorbat terjerap sebesar 69,43%. Massa adsorben ini digunakan pada percobaan selanjutnya, yaitu untuk menentukan waktu kontak yang menghasilkan adsorpsi maksimum.

#### 4.6. Percobaan dengan Variasi Waktu Kontak

Data hasil percobaan penjerapan RBBR oleh adsorben dari mahkota buah nanas dengan variasi waktu kontak mengalami peningkatan yang signifikan pada waktu kontak awal, yaitu 10 - 40 menit, seperti ditunjukkan pada Gambar 3 atau Tabel 4.



**Gambar 3.** Hubungan antara waktu kontak dengan Persentase RBBR Teradsorpsi

Pada awal waktu kontak, ketersediaan permukaan aktif adsorben masih banyak, sehingga terdapat perbedaan konsentrasi RBBR yang besar antara besarnya RBBR limbah cair batik dan adsorben sehingga membuat proses perpindahan massa dari limbah ke adsorben berjalan dengan cepat. Semakin lama waktu kontak maka dapat meningkatkan kemampuan adsorpsi sehingga semakin banyak RBBR yang mampu dijerap oleh adsorben dan jumlah permukaan kosong semakin berkurang.

Peningkatan jumlah RBBR yang terjerap terus terjadi hingga waktu kontak 100 menit. Hal ini terjadi karena jumlah permukaan aktif yang kosong pada karbon aktif masih mampu untuk menyerap adsorbat. Adsorben dari mahkota buah nanas mencapai adsorpsi optimum pada waktu kontak 100 menit, dengan ditunjukkan persentase RBBR yang teradsorpsi mencapai maksimum sebesar 74,55%. Setelah kondisi ini, tidak terjadi kenaikan kadar RBBR yang terjerap, dikarenakan jumlah permukaan kosong adsorben semakin berkurang sehingga laju penjerapan RBBR menurun. Laju desorpsi RBBR

meningkat bersamaan hal tersebut hingga mencapai kesetimbangan dinamis.

Adsorpsi RBBR mengalami penurunan pada waktu kontak 110 menit. Waktu kontak yang terlalu lama membuat permukaan pori karbon aktif yang sudah terisi penuh oleh RBBR mencapai kondisi jenuh. Kejenuhan ini membuat terjadinya pelepasan kembali molekul RBBR ke limbah batik. Hal ini sesuai dengan teori, yaitu waktu kontak yang semakin lama membuat adsorbat terjerap semakin banyak dan akan mengalami penurunan ketika telah mencapai kondisi kesetimbangan antara adsorben dan adsorbat.

**Tabel 4.** Hasil Analisis Kadar RBBR dengan Variasi Waktu Kontak Adsorben

Waktu Kontak (menit)	Kadar RBBR Di dalam Limbah (ppm)	RBBR Teradsorpsi (%)
0	184,7615	0
10	60,7448	67,12
20	59,3222	67,89
30	56,477	69,43
40	54,887	70,29
50	53,8828	70,84
60	51,1213	72,33
70	50,2008	72,83
80	49,113	73,42
90	48,0251	74,01
100	47,0209	74,55
110	47,6067	74,23

Adsorben dari mahkota buah nanas terbukti mampu menyerap zat warna RBBR pada limbah cair batik. Walau tidak seluruhnya terjerap, pada variasi waktu kontak ini menghasilkan warna limbah cair batik sedikit lebih jernih dibandingkan hasil adsorpsi pada variasi massa adsorben. Penghilangan warna RBBR dalam limbah cair batik menggunakan adsorben dari mahkota buah nanas belum berhasil karena hasil adsorpsi tetap berwarna, seperti tersaji dalam Gambar 4 dan 5.



**Gambar 4.** Hasil adsorpsi dengan variabel massa adsorben



**Gambar 5.** Hasil adsorpsi dengan variabel waktu adsorpsi

## 5. Kesimpulan dan Saran

### 5.1. Kesimpulan

Berdasarkan percobaan yang telah dilakukan, maka diperoleh kesimpulan berikut:

- Massa adsorben berbanding lurus dengan kemampuan penyerapan adsorben, yaitu semakin banyak massa adsorben maka semakin tinggi RBBR terjerap sampai kapasitas adsorpsi maksimum tercapai. Massa adsorben sebanyak 4 gram menghasilkan kemampuan adsorpsi maksimum sebesar 69,43% dengan RBBR akhir pada limbah cair batik sebanyak 56,4770 ppm.
- Waktu kontak adsorben berbanding lurus dengan kemampuan penyerapan adsorben, yaitu semakin panjang waktu kontakannya maka semakin tinggi RBBR terjerap sampai kapasitas adsorpsi maksimum tercapai. Waktu kontak selama 100 menit menghasilkan kemampuan adsorpsi maksimum sebesar 74,55% dengan RBBR akhir pada limbah cair batik sebanyak 47,0209 ppm.

### 5.2. Saran

Penelitian ini masih bersifat *preliminary research*, untuk itu perlu dilakukan penelitian lanjutan dengan menggunakan variabel tambahan seperti variasi pH aktivator, konsentrasi aktivator, atau lama aktivasi, selain itu perlu ditentukan model isotherm adsorpsi dan kinetika adsorpsi yang paling sesuai dalam penelitian.

### Daftar Pustaka

- Ahmad, M. A., Eusoff, M. A., Oladoye, P. O., Adegoke, K. A., & Bello, O. S. (2020). Statistical Optimization of Remazol Brilliant Blue R Dye Adsorption onto Activated Carbon Prepared from Pomegranate Fruit Peel. *Chemical Data Collection*. 100426 (28):4.
- Anto. (2020). Rempah-Rempah dan Minyak Atsiri. Penerbit Lakeisha: Klaten.
- Apriyani, N. (2018). Industri Batik: Kandungan Limbah Cair dan Metode Pengolahannya. *Media Ilmiah Teknik Lingkungan*. 3(1):21.
- Arief, L. M. (2016). Pengolahan Limbah Industri. Yogyakarta: CV. Andi Offset.

- Badan Standarisasi Nasional. (1995). Arang Aktif Teknis. SNI 06-3730-1995. Jakarta.
- bps.go.id. (2022, 8 Juni). Produksi Tanaman Buah-Buahan 2021. Diakses pada 15 Desember 2022, dari <https://www.bps.go.id/indicator/55/62/1/produksi-tanaman-buah-buahan.html>
- Daud, Z., Hatta, M. Z. M., Kassim, A. S. M., & Aripin, A. M. (2014). Analysis of the Chemical Compositions and Fiber Morphology of Pineapple (*Ananas comosus*) Leaves in Malaysia. *Journal of Applied Sciences*. 14(12): 1355-1358.
- Deaconu, M., Senin, R., Stoica, R., Athanasiu, A., Crudu, M., Oproiu, L., Ruse, M., & Filipescu, C. Adsorption Decolorization Technique of Textile/Leather-Dye Containing Effluent. *International Journal of Waste Resources*. 6(2):1-4.
- Djoefrie, B., & Dewi, R. K. (2016). Pencegahan, Pengendalian, dan Pemanfaatan Limbah Organik. Bogor: PT Penerbit IPB Press.
- Ferhan, C., & Aktas, O. (2012). Activated Carbon for Water and Wastewater Treatment: Integration of Adsorption and Biological Treatment. Weinheim: Wiley-VCH.
- Hidayat, N. (2016). Bioproses Limbah Cair. Yogyakarta: CV. Andi Offset.
- Hidayati, P., Ulfin, I., & Juwono, H. (2016). Adsorpsi Zat Warna Remazol Brilliant Blue R Menggunakan *Nata de coco*: Optimasi Dosis Adsorben dan Waktu Kontak. *Jurnal Sains dan Seni*. 5(2): 23-37.
- Irawan, C., Dahlan, B., & Nawang Retno, N. (2015). Pengaruh Massa Adsorben, Lama Kontak dan Aktivasi Adsorben Menggunakan HCl Terhadap Efektivitas Penurunan Logam Berat (Fe) Dengan Menggunakan Abu Layang Sebagai Adsorben. *Jurnal Teknologi Terpadu* No. 2 Vol. 3.
- Mufrodi, Z., Widiastuti, N., & Kardika, R. C. (2008). Adsorpsi Zat Warna Tekstil dengan Menggunakan Abu Terbang (*Fly Ash*) untuk Variasi Massa Adsorben dan Suhu Operasi. ISBN: 978-979-3980-15-7.
- Neolaka, Y. A. B., Lawa, Y., Naat, J., Riwu, A. A. P., Mango, A. W., Darmokoesoemo, H., Widyaningrum, B. A., Iqbal, M., & Kusuma, H. S. (2022). Efficiency of activated natural zeolite-based magnetic composite (ANZFe3O4) as a novel adsorbent for removal of Cr(VI) from wastewater. *Journal of Materials Research and Technology*. 18 : 2 8 9 6 - 2 9 0 9
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2001 tentang Air Limbah.
- Raj, A., Yadav, A., Rawat, A. P., Singh, A. K., Kumar, S., Pandey, A. K., Sirohi, R., & Pandey, A. (2021). Kinetic and Thermodynamic Investigations of Sewage Sludge Biochar in Removal of Remazol Brilliant Blue R Dye from Aqueous Solution and Evaluation of Residual Dyes Cytotoxicity. *Environmental Technology and Innovation* 23:101556.
- Saraswati, N. L. P. A., Riawan, I M. O., Rihi, A. A. (2022). Studi Komparasi Adsorpsi Tiga Jenis Zat Warna Remazol Pada Permukaan Karbon Aktif. *Lantanida Journal*, Vol. 10 No. 1: 1-85
- Sathishkumar, P., Arulkumar, M., & Thayumanavan, P. (2012). Utilization of Agro-Industrial Waste *Jatropha curcas* Pods as an Activated Carbon for the Adsorption of Reactive Dye Remazol Brilliant Blue R (RBBR). *Journal of Cleaner Production*. (22):68.
- Sera, R., Lesmana, D., & Maharani, A. (2019). Pengaruh Temperatur dan Waktu Kontak Terhadap Adsorpsi Minyak Jelantah Menggunakan Adsorben Dari Bagas. *Inovasi Pembangunan – Jurnal Kelitbangan* Vol. 7 No. 2.
- Setianingsih, Tutik. 2018. Karakterisasi Pori dan Luas Muka Padatan. Malang: UB Press.
- Setiawan, Ab. Ari, Shofiyani, Anis, dan Intan Syahbanu. 2017. "Pemanfaatan Limbah Daun Nanas (*Ananas comosus*) sebagai Bahan Dasar Arang Aktif untuk Adsorpsi Fe(II)". *JKK*. 6(3): 66-74.
- Silalahi, S. A. (2022). Efektivitas Mahkota Nanas Sebagai Adsorben Menggunakan Aktivator KOH untuk Penyisihan Air Limbah Industri Karet. Tugas Akhir Progam Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Batanghari Jambi. <http://repository.unbari.ac.id/1559/1/Sisca%20Afrilia%20S%20TEKNIK%20%281900825201019%29.pdf>
- Sirajuddin, Harjanto, dan Pipin Trijuniarti. 2019. "Karakteristik Arang Aktif dari Limbah Mahkota Nanas (*Anenas comocus (L) Merr*) Menggunakan Aktivator Kimia H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>". *Prosiding Seminar Nasional Penelitian & Pengabdian Kepada Masyarakat* 2019. 4(1):23.
- Syafrianda, I., Yenie, E., & Daud, S. (2017). Pengaruh Waktu Kontak dan Laju Pengadukan Terhadap Adsorpsi Zat Warna Pada Air Gambut Menggunakan Adsorben Limbah *Biosolid Land Application* Industri Minyak Kelapa Sawit. *Jom FTEKNIK* Volume 4 No.2.
- Syauqiah, I., Amalia, M., & Kartini, H. A. (2011). Analisis Variasi Waktu Dan Kecepatan Pengaduk Pada Proses Adsorpsi Limbah Logam Berat Dengan Arang Aktif. *Info Teknik*, Volume 12 No. 1.
- Takarani, P., Novita, S. F., & Fathoni, R. (2019). Pengaruh Massa dan Waktu Adsorben Selulosa dari Kulit Jagung Terhadap Konsentrasi Penyerapan (Prosiding Seminar Nasional Teknologi V). Fakultas Teknik Universitas Mulawarman.
- Walas, S. M. *Chemical Process Equipment: Selection and Design*. Oxford: Butterworth-Heinemann; 1990.
- Widwastuti, H., Bisri, C., & Rumhayati, B. (2019). Pengaruh Massa Adsorben dan Waktu Kontak terhadap Adsorpsi Fosfat menggunakan Kitin Hasil Isolasi dari Cangkang Udang (Prosiding Seminar Nasional Inovasi dan Aplikasi Teknologi di Industri). Institut Teknologi Nasional Malang.

Zian, Ulfin, I., & Harmami. (2016). Pengaruh Waktu Kontak Pada Adsorpsi Remazol Violet 5R Menggunakan Adsorben *Nata De Coco*. *Jurnal Sains Dan Seni Its* Vol. 5 No. 2. 2337-3520.