

**KARAKTERISASI DAN APLIKASI ARANG AKTIF BATANG PISANG  
UNTUK ADSORPSI *REMAZOL BRILLIANT BLUE* DALAM LIMBAH  
INDUSTRI BATIK**

**SKRIPSI**

**JUNITA DARMAWARNI**

**062119032**



**PROGRAM STUDI KIMIA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS PAKUAN**

**BOGOR**

**2023**

**JUNITA DARMAWARNI**  
**062119032**

**KARAKTERISASI DAN APLIKASI ARANG AKTIF BATANG PISANG UNTUK ADSORPSI**  
***REMAZOL BRILLIANT BLUE* DALAM LIMBAH INDUSTRI BATIK**



**2023**

**KARAKTERISASI DAN APLIKASI ARANG AKTIF BATANG PISANG  
UNTUK ADSORPSI *REMAZOL BRILLIANT BLUE* DALAM LIMBAH  
INDUSTRI BATIK**

**SKRIPSI**

**JUNITA DARMAWARNI**

**062119032**



**PROGRAM STUDI KIMIA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS PAKUAN  
BOGOR**

**2023**

**KARAKTERISASI DAN APLIKASI ARANG AKTIF BATANG PISANG  
UNTUK ADSORPSI *REMAZOL BRILLIANT BLUE* DALAM LIMBAH  
INDUSTRI BATIK**

**Skripsi Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat untuk  
Memperoleh Gelar Sarjana pada Program Studi Kimia  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Universitas Pakuan**

**JUNITA DARMAWARNI**

**062119032**



**PROGRAM STUDI KIMIA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS PAKUAN  
BOGOR**

**2023**

## LEMBAR PENGESAHAN

Judul Makalah : KARAKTERISASI DAN APLIKASI ARANG AKTIF  
BATANG PISANG UNTUK ADSORPSI *REMAZOL*  
*BRILLIANT BLUE* DALAM LIMBAH INDUSTRI BATIK

Nama : Junita Darmawarni

NPM : 062119032

Skripsi ini Telah Diperiksa dan Disetujui

Bogor, Juli 2023

Pembimbing II

Pembimbing I

(Siti Warnasih, M.Si.)

(Dr. Sutanto, M.Si.)

Mengetahui,

Ketua Program Studi Kimia

Dekan FMIPA

(Dr. Ade Heri Mulyati, M.Si.)

(Asep Denih, S.Kom., M.Sc., Ph.D.)

## RIWAYAT HIDUP



Junita Darmawarni, dilahirkan di Bogor pada tanggal 19 Juni 1999, empat bersaudara dari pasangan Bapak Adi Darminto dan Ibu Prapti Nurhayati. Mulai memasuki Pendidikan formal pada tahun 2005 di SD Negeri Pengadilan 5 Bogor dan lulus pada tahun 2011, melanjutkan Pendidikan di SMP Negeri 2 Bogor pada tahun 2011 dan lulus tahun 2014, kemudian melanjutkan Pendidikan di SMK-SMAK Bogor pada tahun 2014 dan lulus pada tahun 2018. Pada tahun 2019, melanjutkan sarjana di Program Studi Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Pakuan di Bogor.

## LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Junita Darmawarni

NPM : 062119032

Judul Skripsi : **Karakterisasi dan Aplikasi Arang Aktif Batang Pisang  
Untuk Adsorpsi *Remazol Brilliant Blue* dalam Limbah  
Industri Batik**

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi ini merupakan hasil penelitian, pemikiran, dan pemaparan asli saya sendiri. Saya tidak mencantumkan tanpa pengakuan bahan-bahan yang telah dipublikasikan sebelumnya atau ditulis oleh orang lain, atau sebagai bahan yang pernah diajukan untuk gelar atau ijazah pada Universitas Pakuan atau perguruan tinggi lainnya.

Apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik sesuai dengan peraturan yang berlaku di Universitas Pakuan.

Demikian pernyataan ini saya buat.

Bogor, Juli 2023

Yang membuat pernyataan,

**Junita Darmawarni**

**PERNYATAAN MENGENAI TUGAS AKHIR DAN SUMBER INFORMASI  
SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA DAN PATEN**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Junita Darmawarni  
NPM : 062119032  
Judul Skripsi : **Karakterisasi dan Aplikasi Arang Aktif Batang Pisang  
Untuk Adsorpsi *Remazol Brilliant Blue* dalam Limbah  
Industri Batik**

Dengan ini saya menyatakan bahwa tugas akhir di atas adalah benar karya saya dengan arahan dari komisi pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apapun kepada perguruan tinggi manapun.

Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir tugas akhir ini. Dengan ini saya melimpahkan hak cipta karya tulis saya kepada Universitas Pakuan

Bogor, Juli 2023

**Junita Darmawarni**

062119032



## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT, karena atas rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “**Karakterisasi dan Aplikasi Arang Aktif Batang Pisang Untuk Adsorpsi *Remazol Brilliant Blue* Dalam Limbah Industri Batik**” dengan baik.

Skripsi ini disusun guna memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Sains Program Studi Kimia pada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Pakuan. Pada penyusunan skripsi ini, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Asep Denih, S.Kom., M.Sc., Ph.D., selaku Dekan FMIPA Universitas Pakuan Bogor.
2. Ibu Dr. Ade Heri Mulyati, M.Si., selaku Ketua Jurusan Program Studi Kimia FMIPA Universitas Pakuan Bogor.
3. Bapak Dr. Sutanto, M.Si., selaku Pembimbing I dalam pelaksanaan tugas akhir ini atas bimbingan, ide, saran, dukungan serta waktu yang telah diberikan.
4. Ibu Siti Warnasih, M.Si., selaku Pembimbing II dalam pelaksanaan tugas akhir ini atas bimbingan, ide, saran, dukungan serta waktu yang telah diberikan.
5. Seluruh dosen FMIPA Universitas Pakuan Bogor, atas ilmu yang telah diberikan dan seluruh staf Tata Usaha FMIPA Universitas Pakuan Bogor atas segala kemudahan dan bantuan yang telah diberikan.
6. Orang-orang tercinta, Mama, Ayah, Adik, dan Perdana Putra atas segala doa, dukungan dan bantuan yang telah diberikan.
7. Sahabat terdekat Erva Reva, Irani Bening, Shabrina Maulida, Chika Tatzkia dan Adinda Nurhidayati yang selalu membantu dan memberikan motivasi.
8. Seluruh rekan mahasiswa FMIPA Kimia 2019 yang selalu mendukung sehingga penulis dapat menyelesaikan makalah ini.
9. Rekan-rekan PT SGS WLN Indonesia yang selalu memberikan dukungan dan semangat kepada penulis

10. Semua pihak yang tidak dapat kami sebutkan satu per satu, dalam membantu penyusunan makalah ini dengan tulus dan ikhlas.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kata sempurna, sehingga diharapkan pembaca memberikan kritik dan saran yang membangun kepada penulis agar makalah ini lebih sempurna serta dapat menghasilkan makalah yang lebih baik dan memberikan manfaat bagi masyarakat.

Bogor, Juli 2023

Penulis

**JUNITA DARMAWARNI. 062119032. 2023. “Karakterisasi dan Aplikasi Arang Aktif Batang Pisang Untuk Adsorpsi *Remazol Brilliant Blue* Dalam Limbah Industri Batik”. Di bawah bimbingan Dr. Sutanto, M.Si. dan Siti Warnasih, M.Si.**

---

## RINGKASAN

Industri batik menghasilkan limbah yang mengandung zat warna dari proses pencelupan dan pencucian kain batik. *Remazol brilliant blue* (RBB) termasuk zat warna reaktif yang digunakan untuk proses pencelupan pada kain. Kadar RBB dalam limbah dapat berkurang dengan cara adsorpsi menggunakan arang aktif berbahan dasar batang pisang yang menjadi alternatif penggunaan limbah batang pisang. Penelitian ini bertujuan untuk membuat, karakterisasi dan uji kualitas arang aktif batang pisang, menentukan kondisi optimum, kapasitas adsorpsi dan model isoterm adsorpsi RBB serta aplikasinya dalam menyerap RBB dalam limbah industri batik Bogor.

Metode penelitian meliputi pembuatan arang aktif dari batang pisang dengan aktivasi secara kimia (NaOH 5%) dan fisika (500°C;1 jam), karakterisasi dan uji mutu arang aktif, penentuan kondisi optimum adsorpsi arang aktif terhadap RBB (pH, waktu kontak, dan bobot arang aktif) serta penentuan isoterm adsorpsi dan kapasitas adsorpsi yang diukur menggunakan spektrofotometer UV-Vis kemudian diakhiri dengan aplikasi adsorpsi arang aktif terhadap RBB yang terdapat dalam limbah industri batik Bogor dan karakterisasi limbah batik.

Hasil penelitian menunjukkan, intensitas gugus fungsi pada spektrum FTIR arang aktif lebih besar dibandingkan arang sebelum aktivasi dengan morfologi permukaan pada SEM menunjukkan pori-pori arang aktif lebih terbuka dibandingkan arang sebelum aktivasi. Kualitas arang aktif batang pisang telah memenuhi syarat SNI No. 06-3730-1995 untuk kadar air 0,63% (maks. 4,5%), kadar zat menguap 13,30% (maks. 15%), kadar karbon 80,67% (min. 80%) dan daya serap biru metilen 88,65 mg/g (min. 60 mg/g). Kondisi optimum adsorpsi terjadi pada pH 8, waktu kontak 120 menit, dan bobot arang aktif 1 gram untuk 50 mL limbah batik. Proses adsorpsi yang cocok untuk adsorpsi *remazol brilliant blue* yaitu isoterm Freundlich dengan kapasitas adsorpsi maksimum sebesar 10,7411 mg/g dan efisiensi adsorpsi sebesar 96,29% (596,85 mg/L menjadi 22,15 mg/L). Karakterisasi limbah industri batik setelah adsorpsi telah memenuhi syarat PermenLHK No. 16 Tahun 2019 untuk parameter pH sebesar 8,37 (rentang 6-9), uji warna sebesar 194,3 PtCo (maks. 200 PtCo) dan *Total Suspended Solid* (TSS) sebesar 38,6 mg/L (maks. 50 mg/L).

**Kata kunci :** Batang pisang, arang aktif, *Remazol brilliant blue*, limbah industri batik, isoterm adsorpsi Freundlich.

**JUNITA DARMAWARNI. 062119032. 2023. “Characterization and Application of Banana Stem Activated Charcoal for Remazol Brilliant Blue Adsorption in Batik Industry Waste”. Supervised by Dr. Sutanto, M.Si. dan Siti Warnasih, M.Si.**

---

## SUMMARY

*The batik industry produces waste containing dyes from the dyeing and washing processes of batik cloth. Remazol brilliant blue (RBB) is a reactive dye used for dyeing fabrics. RBB levels in waste can be reduced by adsorption using activated charcoal made from banana stems which is an alternative to using banana stem waste. This study aims to make, characterize and test the quality of activated charcoal from banana stems, determine the optimum conditions, adsorption capacity and RBB adsorption isotherm model and its application in absorbing RBB in Bogor batik industrial waste.*

*The research method involved making activated charcoal from banana stem by chemical (NaOH 5%) and physical (500°C; 1 hour) activation, characterization and quality testing of activated charcoal, determining the optimum conditions for adsorption of activated charcoal on RBB (pH, contact time, and weight of activated charcoal) as well as determining the adsorption isotherm and adsorption capacity as measured using UV-Vis Spectrophotometer and then ending with the adsorption application of activated charcoal on RBB contained in Bogor batik industrial waste and the characterization of batik waste.*

*The results showed that the intensity of functional groups in the FTIR spectrum of activated charcoal was greater than that of charcoal before activation, with surface morphology in SEM indicating that the pores of activated charcoal were more open than charcoal before activation. The quality of banana stem activated charcoal has met the requirements of SNI no. 06-3730-1995 for moisture content 0.63% (max. 4.5%), volatile matter content 13.30% (max. 15%), carbon content 80.67% (min. 80%) and absorbency methylene blue 88.65 mg/g (min. 60 mg/g). Optimum adsorption conditions occurred at pH 8, contact time 120 minutes, and 1 gram weight of activated charcoal for 50 mL of batik waste. The adsorption process suitable for the adsorption of remazol brilliant blue is the Freundlich isotherm with a maximum adsorption capacity of 10.7411 mg/g and an adsorption efficiency of 96.29% (596.85 mg/L to 22.15 mg/L). The characterization of batik industrial waste after adsorption meets the requirements of PermenLHK No. 16 of 2019 for a pH parameter of 8.37 (range 6-9), a color test of 194.3 PtCo (max. 200 PtCo) and Total Suspended Solid (TSS) of 38.6 mg/L (max. 50 mg/L).*

**Keywords :** *Banana stem, activated charcoal, Remazol brilliant blue, batik industrial waste, Freundlich adsorption isotherm..*

## DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR .....	i
RINGKASAN .....	iii
SUMMARY .....	iv
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR GAMBAR .....	vii
DAFTAR TABEL.....	viii
DAFTAR LAMPIRAN.....	ix
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Tujuan Penelitian .....	2
1.3 Hipotesis.....	3
1.4 Manfaat Penelitian .....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Batang Pisang .....	4
2.2 Limbah Cair Batik.....	5
2.3 Zat Warna <i>Remazol Brilliant Blue</i> .....	6
2.4 Arang Aktif.....	8
2.5 Spektrofotometer UV-Vis .....	9
2.6 Adsorpsi .....	10
2.7 <i>Scanning Electron Microscope (SEM)</i> .....	11
2.8 <i>Fourier Transformation Infra Red (FTIR)</i> .....	12
BAB III BAHAN DAN METODE.....	14
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian.....	14
3.2 Alat dan Bahan .....	14
3.3 Metode Penelitian.....	14
3.3.1 Pembuatan Arang Aktif Batang Pisang .....	15
3.3.2 Karakterisasi Arang Aktif Batang Pisang.....	15
3.3.3 Uji Standar Mutu Arang Aktif.....	15
3.3.4 Pengambilan Sampel Limbah Industri Batik (SNI 6989.58:2008).....	17

3.3.5	Karakterisasi Limbah Industri Batik .....	17
3.3.6	Optimasi Kondisi Adsorpsi .....	19
3.3.7	Penentuan Model Isoterm Adsorpsi dan Kapasitas Maksimum Adsorpsi... .....	20
3.3.8	Aplikasi pada Limbah Zat Warna Batik .....	21
3.3.9	Pengolahan Data.....	21
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....		23
4.1	Rendemen Arang Aktif Batang Pisang .....	23
4.2	Karakterisasi Arang Aktif .....	24
4.2.1	Karakterisasi Arang Aktif dengan FTIR.....	24
4.2.2	Karakterisasi Arang Aktif dengan SEM .....	26
4.3	Kualitas Arang Aktif Batang Pisang (SNI 06-3730-1995).....	27
4.3.1	Kadar Air Arang Aktif.....	28
4.3.2	Kadar Abu Arang Aktif .....	28
4.3.3	Kadar Zat Menguap Arang Aktif .....	29
4.3.4	Kadar Karbon Arang Aktif.....	29
4.3.5	Uji Daya Serap Arang Aktif Terhadap Biru Metilen .....	29
4.4	Kondisi Optimum Adsorpsi Arang Aktif Batang Pisang Terhadap <i>Remazol Brilliant Blue</i> .....	30
4.4.1	pH Optimum .....	30
4.4.2	Waktu Kontak Optimum .....	31
4.4.3	Bobot Optimum.....	32
4.4.4	Penentuan Isoterm Adsorpsi Langmuir dan Freundlich .....	33
4.5	Aplikasi Arang Aktif terhadap <i>Remazol Brilliant Blue</i> (RBB) pada Limbah Industri Batik .....	35
4.6	Karakteristik Limbah Industri Batik Bogor (PermenLHK No. 16 Tahun 2019).....	37
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		39
5.1	Kesimpulan .....	39
5.2	Saran .....	39
DAFTAR PUSTAKA .....		40
LAMPIRAN .....		46

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Limbah Batang Pisang Kelurahan Kayu Manis, Tanah Sareal, Bogor .	4
Gambar 2. Struktur Remazol brilliant blue .....	7
Gambar 3. Visualisasi SEM Arang aktif Batang Pisang (Rahmawati, 2022) .....	11
Gambar 4. Spektrum FTIR Arang aktif Batang Pisang (Rahmawati, 2022) .....	13
Gambar 5. Arang Aktif Batang Pisang .....	23
Gambar 6. Spektrum FTIR Arang Aktif Batang Pisang Sebelum dan Sesudah Aktivasi .....	24
Gambar 7. Hasil SEM Arang Aktif Batang Pisang sebelum aktivasi perbesaran 500x (A) dan 1000x (B) .....	26
Gambar 8. Hasil SEM Arang Aktif Batang Pisang sesudah aktivasi perbesaran 500x (A) dan 1000x (B) .....	27
Gambar 9. Grafik pengaruh pH terhadap Kapasitas Adsorpsi .....	30
Gambar 10. Grafik pengaruh waktu kontak terhadap kapasitas adsorpsi .....	31
Gambar 11. Grafik pengaruh Bobot terhadap Kapasitas Adsorpsi .....	33
Gambar 12. Grafik Isoterm Adsorpsi Langmuir Arang Aktif Batang Pisang.....	34
Gambar 13. Grafik Isoterm Adsorpsi Freundlich Arang Aktif Batang Pisang .....	34

## DAFTAR TABEL

Tabel 1. Karakteristik Limbah Industri Batik di Kota Bogor .....	6
Tabel 2. Karakterisasi Karbon Aktif Batang Pisang (Syahrir et al.,2020).....	8
Tabel 3. Karakterisasi FTIR Karbon Aktif Batang Pisang .....	12
Tabel 4. Spektrum IR Arang Aktif Batang Pisang Sebelum dan Sesudah Aktivasi .....	25
Tabel 5. Hasil Uji Kualitas Mutu Butiran Arang Aktif Batang Pisang.....	27
Tabel 6. Nilai Konstanta Persamaan Regresi Freundlich dan Langmuir .....	35
Tabel 7. Hasil Aplikasi Arang Aktif terhadap RBB dalam Limbah Batik Bogor.	36
Tabel 8. Karakterisasi Limbah Batik Sebelum dan Sesudah Adsorpsi .....	37



## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Bagan Alir Tahapan Penelitian.....	46
Lampiran 2. Bagan Alir Pembuatan Arang Aktif .....	47
Lampiran 3. Bagan Alir Karakterisasi dan Optimasi Arang Aktif.....	48
Lampiran 4. Bagan Alir Penentuan Model Isoterm Adsopsi, Aplikasi Arang Aktif terhadap Limbah Cair Industri Batik Bogor dan Karakterisasi Limbah Batik.....	49
Lampiran 5. Bagan Alir Karakterisasi Limbah Industri Batik.....	50
Lampiran 6. Standar Mutu Arang Aktif Teknis Menurut SNI No. 06.3730:1995	52
Lampiran 7. Baku Mutu Air Limbah Bagi Usaha dan/atau Kegiatan Industri Tekstil Menurut PermenLHK No. 16 Tahun 2019 .....	52
Lampiran 8. Data Perhitungan .....	53
Lampiran 9. Optimasi Kondisi Adsorpsi Arang Aktif.....	57
Lampiran 10. Penentuan Model Isoterm Adsorpsi .....	62
Lampiran 11. Aplikasi Arang Aktif terhadap RBB dalam Limbah Batik.....	64
Lampiran 12. Dokumentasi Penelitian.....	72
Lampiran 13. Hasil Karakterisasi Arang Aktif Batang Pisang dengan FTIR.....	74

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Industri batik merupakan industri yang cukup potensial dikembangkan oleh masyarakat. Industri batik menghasilkan limbah yang mengandung zat warna dari proses pencelupan dan pencucian kain batik (Kholisoh *et al.*, 2022). *Remazol brilliant blue* merupakan salah satu zat warna yang banyak digunakan dalam industri batik. *Remazol brilliant blue* termasuk zat warna reaktif yang digunakan untuk proses pencelupan pada kain (Noorikhlas *et al.*, 2008).

Menurut Kholisoh *et al.*, (2022) hasil karakterisasi limbah pewarna dan total limbah dari industri batik di kota Bogor melebihi baku mutu yang diperbolehkan oleh Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor P.16/MENLKH/SETJEN/KUM.1/4/2019. Oleh karena itu, air limbah industri batik perlu diolah terlebih dahulu sebelum dibuang ke lingkungan sebagai upaya pencegahan terjadinya pencemaran air di Bogor.

Metode-metode yang digunakan untuk mengurangi intensitas zat warna pada limbah diantaranya adalah koagulasi, filtrasi, lumpur aktif dan adsorpsi. Menurut Sutanto *et al.*, (2021) pengolahan air limbah industri tekstil dapat dilakukan secara elektrokoagulasi sistem kontinyu dengan hasil degradasi warna sebesar 83,98% (239,14 menjadi 38,31 mgL<sup>-1</sup> PtCo), tetapi dengan metode tersebut maka perlu dibuat rangkaian alat elektrokoagulasi yang memiliki banyak komponen listrik dan elektroda sehingga biaya yang dikeluarkan tidak ekonomis dan sulit di aplikasikan oleh masyarakat.

Salah satu metode yang banyak digunakan untuk pengolahan limbah cair zat warna adalah adsorpsi, yaitu merupakan suatu teknik yang efisien untuk menghadapi masalah kontaminasi limbah cair domestik dan industri karena dapat menghilangkan bau serta menurunkan kadar zat warna dari larutan dengan sempurna tanpa mengubahnya menjadi senyawa yang lebih berbahaya (Setyaningtyas & Roy, 2007). Menurut Maslahat *et al.*, (2019) dengan menggunakan arang aktif TKKS (tandan kosong kelapa sawit) dalam proses adsorpsi *remazol brilliant blue*, diketahui bahwa zat warna yang dapat terserap adalah sebesar 97,81% (406,68 mgL<sup>-1</sup> menjadi 8,90 mgL<sup>-1</sup>). Namun, TKKS

hanya dapat ditemukan disekitar perindustrian kelapa sawit sehingga tidak mudah diperoleh di permukiman masyarakat.

Menurut Syahrir *et al.*, (2020) dengan aktivasi selama 2 jam menggunakan aktivator NaOH 5% dan aktivasi fisika selama 1 jam pada suhu 500°C. Didapatkan uji kualitas arang aktif memenuhi syarat SNI No. 06-3730-1995 dengan hasil daya serap I<sub>2</sub> sebesar 825,27 mg/g, maka dilanjutkan penelitian untuk mendapatkan kondisi optimum adsorpsi arang aktif terhadap zat warna *Remazol Brilliant blue*.

Tanaman pisang merupakan bahan alam yang murah, mudah diperoleh dan dapat diperbaharui. Adapun bagian dari tanaman pisang seperti batang pisang jarang digunakan masyarakat. Batang pisang kepok dapat digunakan sebagai bahan arang aktif, hal ini di sebabkan karena batang pisang kepok banyak mengandung selulosa yaitu sebesar 49,66% – 55,6% (Pine *et al*, 2021). Sebagian kecil masyarakat hanya memanfaatkan batang pisang sebagai pakan ternak, sedangkan dalam jumlah besar menjadi sampah (Suhardi, 2002). Selulosa mempunyai potensi yang cukup besar untuk dijadikan sebagai penyerap karena gugus OH yang terikat pada selulosa apabila dipanaskan pada suhu tinggi akan kehilangan atom-atom hidrogen dan oksigen sehingga tinggal atom karbonnya (Suziyana, *et al.*, 2017).

Menurut Rahmawati (2022) karbon aktif batang pisang untuk adsorpsi logam Fe dapat menurunkan kadar logam Fe dalam air sebesar 69,68% (2,2991 menjadi 0,6993 mgL<sup>-1</sup>). Sementara menurut Alrozi *et al.*, (2012) selulosa yang terdapat pada kulit rambutan juga dimanfaatkan sebagai adsorben *Remazol Brilliant Blue R*. dengan memperoleh kapasitas adsorpsi maksimalnya sebesar 112,609 mg/g.

Pada penelitian ini akan dilakukan karakterisasi, uji kualitas, optimasi, dan penentuan model isoterm adsorpsi arang aktif batang pisang 100 mesh dengan aktivasi kimia selama 2 jam menggunakan aktivator NaOH 5% dan aktivasi fisika selama 1 jam pada suhu 500°C dalam mengadsorpsi zat warna *Remazol brilliant blue* serta aplikasinya pada limbah batik cair yang berasal dari Industri Batik Bogor dimana menggunakan zat warna *Remazol brilliant blue* dalam proses pewarnaan batik.

## 1.2 Tujuan Penelitian

1. Membuat, karakterisasi, dan menguji mutu arang aktif berbahan dasar batang pisang.

2. Melakukan optimasi pH, waktu kontak dan bobot arang aktif berbahan dasar batang pisang untuk adsorpsi *Remazol brilliant blue*.
3. Menentukan model isoterm adsorpsi dan kapasitas adsorpsi maksimum arang aktif batang pisang terhadap *Remazol brilliant blue*.
4. Menentukan efesiensi penurunan kadar zat warna *Remazol brilliant blue* dalam limbah industri batik dengan arang aktif batang pisang.

### **1.3 Hipotesis**

1. Arang aktif batang pisang dengan ukuran partikel 100 mesh memiliki karakteristik yang mendekati syarat mutu karbon aktif menurut SNI 06.3730:1995.
2. Arang aktif batang pisang 100 mesh mampu mencapai kondisi optimum pH, waktu kontak, dan bobot adsorben yang dapat ditentukan dengan model isotherm adsorpsi.
3. Arang aktif batang pisang memiliki kapasitas adsorpsi maksimum yang cukup tinggi sehingga efektif untuk pengolahan limbah industri batik yang mengandung zat warna *Remazol brilliant blue*.
4. Arang aktif batang pisang dapat menurunkan kadar zat warna *Remazol brilliant blue* dalam limbah industri batik secara efektif dan efisien.

### **1.4 Manfaat Penelitian**

Penelitian ini dapat menjadi salah satu upaya untuk memanfaatkan limbah batang pisang yang jarang digunakan sehingga memiliki nilai dan daya guna yang lebih sebagai arang aktif.

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Batang Pisang

Pisang (*Musa spp.*) merupakan tanaman yang berasal dari Asia Tenggara dan kini sudah tersebar luas ke seluruh dunia termasuk Indonesia (Prihatman, 2000). Tanaman pisang ini cocok untuk tumbuh di daerah tropis serta merupakan tanaman yang tidak musiman dan dapat berbuah sepanjang tahun (Ishak, 2013).

Di Indonesia tanaman pisang merupakan hasil pertanian yang banyak terdapat di seluruh nusantara. Hasil panen pisang yang sudah tua digunakan hanya buahnya saja untuk dikonsumsi sendiri atau dijual. Sedangkan batang atau pelepah pisang, setelah panen hanya ditumpuk atau dibakar begitu saja yang lama kelamaan menjadi tumpukan sampah. Hanya sebagian kecil saja masyarakat memanfaatkannya sebagai makanan tambahan sapi (Aulina, 2017).



Gambar 1. Limbah Batang Pisang Kelurahan Kayu Manis, Tanah Sareal, Bogor

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan Rahman (2006), perbandingan bobot segar antara batang, daun, dan buah pisang berturut-turut yaitu sebesar 63, 14, dan 23%. Selain itu, hasil analisis dari batang pisang banyak mengandung selulosa. Kadar selulosa dari batang pisang kepok sekitar 49,66% - 55,6% (Pine, 2021). Selulosa yang terkandung cukup banyak inilah yang dijadikan sebagai suatu dasar batang yang dapat dimanfaatkan sebagai arang aktif. Menurut Melani *et al* (2022), selulosa batang pisang klutuk lebih besar yaitu sebesar 75,7%, namun tanaman pisang klutuk tidak mudah dijumpai sehingga akan menyulitkan pembuatan arang dalam jumlah banyak

## 2.2 Limbah Cair Batik

Limbah cair juga dikenal sebagai *sewage*, mula-mula dari limbah rumah tangga, manusia dan binatang, tapi kemudian berkembang selain dari sumber - sumber tersebut juga air limbah berasal dari kegiatan industri. Air limbah pada dasarnya 99,94% berasal dari sisa kegiatan, sedangkan 0,06% berasal dari material terlarut oleh proses alam. Sumber air limbah dikelompokkan menjadi air limbah domestik dan air limbah non domestik, salah satu contoh dari air limbah non domestik adalah kegiatan industri. Peningkatan akan kebutuhan bahan sandang serta kemajuan teknologi mendorong sejumlah industri berdiri baik skala makro maupun mikro, salah satunya industri batik (Aris, 2006).

Data Kementerian Perindustrian menunjukkan produktivitas industri batik yang tercatat dari tahun 2022 hingga 2015 mengalami peningkatan sebesar 14,7% (Kholisoh *et al.*, 2022). Industri batik merupakan salah satu penghasil limbah cair yang berasal dari proses pewarnaan, selain kandungan zat warnanya tinggi, limbah industri batik juga mengandung bahan-bahan sintetik yang sukar larut atau sukar diuraikan. Setelah proses pewarnaan selesai akan dihasilkan limbah cair yang berwarna keruh dan pekat, berbau menyengat dan memiliki suhu, keasaman (pH), *Biochemical Oxygen Demand* (BOD), *Chemical Oxygen Demand* (COD), *Total Suspended Solid* (TSS) yang tinggi. Warna air limbah biasanya tergantung pada zat warna yang digunakan, limbah air yang berwarna-warni ini yang menyebabkan masalah terhadap lingkungan. Hal ini disebabkan oleh penggunaan bahan-bahan kimia dan zat warna dalam proses produksi batik. Bahan kimia yang digunakan antara lain soda kostik (NaOH), soda abu (Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>), soda kue (NaHCO<sub>3</sub>), asam sulfat (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), sulfit, nitrit dan teepol (Kurniawan *et al.*, 2013). Selain bahan kimia yang telah disebutkan, zat warna pada pembuatan batik menjadi pusat dari pencemaran lingkungan.

Limbah zat warna yang langsung dibuang ke lingkungan dapat memberikan dampak buruk terhadap ekosistem perairan dan kehidupan manusia. Lingkungan perairan yang tercemar limbah tersebut menjadi keruh sehingga menghambat penetrasi sinar matahari ke dalam air. Hal ini dapat mempengaruhi regenerasi oksigen secara fotosintesis dan akan mengganggu aktivitas biologi dari mikroba yang ada di dalam air. Bila zat warna yang bersifat karsinogenik 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 (Hidayati *et al.*, 2016).

Menurut Kholisoh *et al.*, (2022) hasil penelitian parameter BOD, COD, TSS dan kromium total dari limbah industri batik di kota Bogor melebihi baku mutu yang diperbolehkan oleh Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor P.16/MENLKH/SETJEN/KUM.1/4/2019, sehingga perlu diolah sebelum dibuang ke lingkungan.

Tabel 1. Karakteristik Limbah Industri Batik di Kota Bogor

Parameter	Satuan	Hasil		Standar Kualitas *)
		Limbah Pewarnaan	Limbah Total	
pH	-	1,62	6,82	6,0 - 9,0
Suhu	°C	26,9	26,3	Suhu sekitar ±2
COD	mg/L	797	52463	125
BOD	mg/L	431	238	45
TSS	mg/L	706,5	3679	40
Total Fenol	mg/L	Tidak Terdeteksi	Tidak Terdeteksi	0,5
Total Kromium	mg/L	2,62	940,2	1,0
Sulfida	mg/L	Tidak Terdeteksi	Tidak Terdeteksi	0,3

Sumber : Kholisoh *et al.*, (2022); \*) PerMenLHK No. 16 tahun 2019

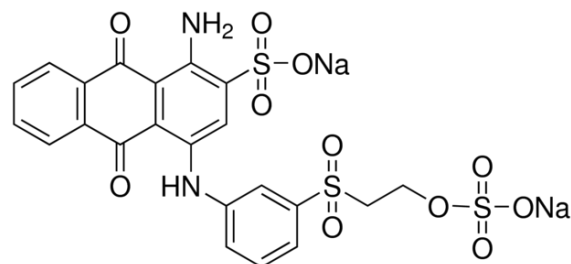
### 2.3 Zat Warna *Remazol Brilliant Blue*

Zat warna merupakan senyawa organik yang mengandung gugus kromofor sebagai pembawa warna atau ausokrom sebagai pengikat warna. Zat warna dapat diklasifikasikan menjadi 3, yaitu anionik (zat warna asam, dan zat warna reaktif), kationik (zat warna basa), dan nonionik (zat warna dispersi) (Aksu & Tezer, 2000). Gugus kromofor adalah gugus yang menyebabkan molekul menjadi berwarna. Zat warna reaktif merupakan zat warna yang banyak digunakan untuk pewarnaan batik (Suteu & Bilba, 2005). Salah satu zat warna reaktif tersebut adalah *Remazol Brilliant Blue R* (RBBR) atau *Reactive Blue 19* (Hidayati *et al.*, 2016).

*Remazol brilliant blue* merupakan salah satu zat warna yang banyak digunakan dalam industri batik (Mahmoud, 2007). Zat warna ini memiliki gugus kromofor yang mudah memberikan warna-warna cerah serta tidak mudah luntur. Selain itu,

RBBR sangat tahan terhadap proses oksidasi kimia karena kestabilan struktur aromatik anthraquinon. Penggunaan zat warna dalam industri dapat menimbulkan permasalahan lingkungan akibat limbah yang dihasilkan. Limbah zat warna yang langsung dibuang ke lingkungan dapat memberikan dampak buruk terhadap ekosistem perairan dan kehidupan manusia. Lingkungan perairan yang tercemar limbah tersebut menjadi keruh sehingga menghambat penetrasi sinar matahari ke dalam air. Hal ini dapat mempengaruhi regenerasi oksigen secara fotosintesis dan akan mengganggu aktivitas biologi dari mikroba yang ada di dalam air. 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 (Hidayati *et al*, 2016).

Zat warna *remazol brilliant blue* banyak digunakan sebagai pewarna tekstil karena kemampuan gugus fungsi molekul zat warna *remazol brilliant blue* mampu terikat kuat pada serat tekstil. Struktur *remazol brilliant blue* dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Struktur *Remazol brilliant blue*  
(Sigmaaldrich.com, 2022)

Senyawa ini cukup stabil sehingga sangat sulit untuk terdegradasi di alam dan berbahaya bagi lingkungan apalagi dalam konsentrasi yang sangat besar karena dapat menaikkan COD (*Chemical Oxygen Demand*) (Suprihatin, 2014). Jika hal ini melampaui ambang batas yang diperbolehkan, maka gejala yang paling mudah diketahui adalah matinya organisme perairan (Al-Kdasi *et al*, 2004). Senyawa zat warna di lingkungan perairan sebenarnya dapat mengalami dekomposisi secara alami oleh adanya cahaya matahari, namun reaksi ini berlangsung relatif lambat,



karena intensitas cahaya UV yang sampai ke permukaan bumi relatif rendah sehingga akumulasi zat warna ke dasar perairan atau tanah lebih cepat daripada fotodegradasinya (Al-Kdasi *et al.*, 2004).

## 2.4 Arang Aktif

Arang aktif merupakan karbon amorf dari pelat-pelat datar disusun oleh atom-atom C yang terikat secara kovalen dalam suatu kisi heksagonal datar dengan satu atom C pada setiap sudutnya yang luas permukaan berkisar antara 300 m<sup>2</sup>/g hingga 3500 m<sup>2</sup>/g dan ini berhubungan dengan struktur pori internal sehingga mempunyai sifat sebagai adsorben (Taryana,2002). Arang aktif dapat dibedakan dengan arang berdasarkan sifat pada permukaannya. Permukaan arang masih ditutupi oleh deposit hidrokarbon yang menghambat keaktifannya, sedangkan permukaan arang aktif relatif telah bebas dari deposit, permukaannya luas dan pori-porinya telah terbuka, sehingga memiliki daya serap tinggi. Untuk meningkatkan daya serap arang, maka bahan tersebut dapat diubah menjadi arang aktif melalui proses aktivasi (Lempang, 2014).

Proses aktivasi merupakan suatu perlakuan terhadap arang yang bertujuan untuk memperbesar pori yaitu dengan cara memecahkan ikatan hidrokarbon atau mengoksidasi molekul-molekul permukaan sehingga arang mengalami perubahan sifat, baik fisika maupun kimia, yaitu luas permukaannya bertambah besar dan berpengaruh terhadap daya adsorpsi. Menurut Syahrir *et al.*, (2020) dengan aktivasi selama 2 jam menggunakan aktivator NaOH 5% dan aktivasi fisika selama 1 jam pada suhu 500°C. Didapatkan karakterisasi arang aktif memenuhi syarat SNI No. 06-3730-1995, yaitu dengan parameter sebagai berikut:

Tabel 2. Karakterisasi Karbon Aktif Batang Pisang (Syahrir et al.,2020)

Parameter	Hasil Uji (%)	SNI No. 06-3730-1995
Kadar Air	1,51	Maks 15%
Kadar Abu	8,81	Maks 10%
Kadar Zat Terbang	8,98	Maks 25%
Daya serap terhadap I <sub>2</sub>	825,27	Min 750 mg/g

Daya serap arang aktif merupakan suatu akumulasi atau terkonsentrasinya komponen di permukaan/antar muka dalam dua fasa. Bila ke dua fasa saling berinteraksi, maka akan terbentuk suatu fasa baru yang berbeda dengan masing-

masing fasa sebelumnya. Hal ini disebabkan karena adanya gaya tarik-menarik antar molekul, ion atau atom dalam ke dua fasa tersebut. Gaya tarik-menarik ini dikenal sebagai gaya *Van der Waals*. Pada kondisi tertentu, atom, ion atau molekul dalam daerah antar muka mengalami ketidak seimbangan gaya, sehingga mampu menarik molekul lain sampai keseimbangan gaya tercapai (Manocha, 2003 dalam Lempang, 2014).

Ada beberapa faktor yang mempengaruhi daya serap arang aktif, yaitu sifat arang aktif, sifat komponen yang diserapnya, sifat larutan dan sistem kontak. Daya serap arang aktif terhadap komponen-komponen yang berada dalam larutan atau gas disebabkan oleh kondisi permukaan dan struktur porinya (Lempang, 2014). Beberapa literatur lain melaporkan bahwa pada umumnya penyerapan oleh arang aktif tergolong penyerapan secara fisik. Hal ini disebabkan oleh pori arang aktif banyak dan permukaannya luas. Faktor lain yang mempengaruhi daya serap arang aktif, yaitu sifat polaritas dari permukaan arang aktif. Sifat ini sangat bervariasi untuk setiap jenis arang aktif, karena hal ini sangat tergantung pada bahan baku, cara pembuatan arang dan bahan pengaktif yang digunakannya.

## 2.5 Spektrofotometer UV-Vis

Spektrofotometri merupakan suatu metode yang didasarkan pada penyerapan cahaya pada panjang gelombang tertentu. Alat yang digunakan dalam metode ini adalah spektrofotometer. Prinsip kerja spektrofotometer ini sesuai dengan hukum *Lambert-Beer*, yaitu cahaya monokromatik yang melalui suatu larutan sebagian dari cahaya tersebut akan diserap dan sebagian lagi diteruskan, cahaya yang diserap atau diteruskan ini akan berbanding lurus dengan tebal dan konsentrasi larutan tersebut (Lindawati, 2015). Hukum *Lambert-Beer* yang menjadi dasar penentuan kuantitatif menggunakan spektrofotometer UV-Vis yaitu:

$$A = \log I_0/I = \epsilon \cdot C \cdot l$$

A adalah besarnya cahaya yang diserap oleh sampel,  $I_0$  adalah intensitas cahaya yang masuk,  $I$  merupakan intensitas cahaya yang diteruskan melewati sampel,  $l$  merupakan ketebalan kuvet,  $\epsilon$  merupakan absorbtivitas molar, sedangkan  $C$  adalah konsentrasi analat (Lindawati, 2015).

Berdasarkan Maghfiroh (2016), panjang gelombang yang digunakan dalam penentuan adsorpsi zat warna tekstil *Remazol Brilliant Blue* menggunakan zeolit

yang disintesis dari abu layang batubara secara spektrofotometer adalah sebesar 625 nm. Absorbansinya diukur dengan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 430-650. Namun, menurut Erprihana dan Dhoni (2014), penentuan panjang gelombang maksimum diperoleh dengan mengukur absorbansi zat warna *Remazol Brilliant Blue* pada panjang gelombang 580 – 610 nm, yang menghasilkan panjang gelombang maksimum sebesar 590 nm.

## 2.6 Adsorpsi

Adsorpsi merupakan peristiwa terakumulasinya partikel pada suatu permukaan (Atkins, 1999). Adsorpsi terjadi karena adanya gaya tarik menarik antarmolekul adsorbat dengan tempat-tempat aktif di permukaan adsorben. Adsorbat adalah senyawa yang terjerap atau senyawa yang akan dipisahkan dari pelarutnya, sedangkan adsorben adalah merupakan suatu media penjerap. Mekanisme penjerapan tersebut dapat dibedakan menjadi dua, yaitu adsorpsi secara fisika (fisisorpsi) dan adsorpsi secara kimia (kimisorpsi). Pada proses fisisorpsi, gaya yang mengikat adsorbat oleh adsorben adalah gaya *Van Der Waals*, sedangkan pada proses adsorpsi kimia terjadi interaksi adsorbat dengan adsorben melalui pembentukan ikatan kimia (Atkins, 1999).

Faktor-faktor yang mempengaruhi adsorpsi, yaitu sifat fisika dan kimia adsorben seperti luas permukaan, pori-pori, dan komposisi kimia. Selain itu juga dipengaruhi sifat fisika dan kimia adsorbat, seperti ukuran molekul, polaritas molekul, komposisi kimia, konsentrasi adsorbat dalam fase cair, sifat fase cair, serta lamanya proses adsorpsi tersebut berlangsung. Semakin kecil ukuran partikel, maka semakin besar luas permukaan padatan persatuan volume tertentu sehingga akan semakin banyak zat yang diadsorpsi (Atkins, 1999). Adsorben yang baik memiliki kapasitas adsorpsi dan persentase efisiensi penjerapan yang tinggi.

Kapasitas adsorpsi dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

$$Q = \frac{V(C_0 - C)}{m}$$

Persentase adsorpsi dapat dihitung dengan persamaan:

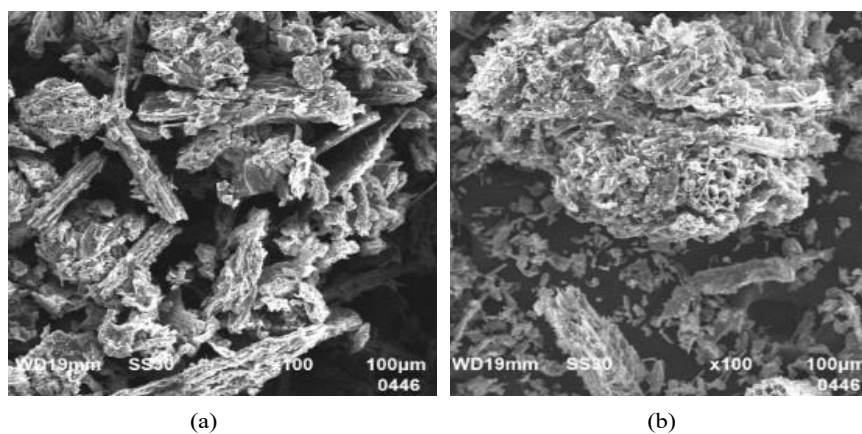
$$\text{Efisiensi adsorpsi (\%)} = \left( \frac{C_0 - C}{C_0} \right) \times 100\%$$

Dimana  $Q$  adalah kapasitas adsorpsi (mg/g),  $V$  adalah volume larutan (L),  $C_0$  adalah konsentrasi awal (mg/L),  $C$  adalah konsentrasi akhir (mg/L), dan  $m$  adalah bobot arang aktif (g).

## 2.7 Scanning Electron Microscope (SEM)

*Scanning Electron Microscopy* (SEM) adalah salah satu jenis mikroskop elektron yang menggunakan berkas elektron untuk menggambarkan permukaan sampel yang dianalisis. SEM merupakan salah satu metode identifikasi untuk mengetahui karakterisasi mengenai permukaan dan tekstur dari suatu objek (topografi), bentuk dan ukuran partikel penyusun objek (morfologi), dan unsur dan senyawa yang berada di dalam objek (komposisi) (Girao, 2017).

Prinsip kerja SEM adalah menembakkan permukaan benda dengan berkas elektron berenergi tinggi. Permukaan benda yang dikenai berkas akan memantulkan kembali berkas tersebut atau menghasilkan elektron sekunder ke segala arah. Tetapi ada satu arah di mana berkas dipantulkan dengan intensitas tertinggi. Detektor di dalam SEM mendeteksi elektron yang dipantulkan dan menentukan lokasi berkas yang dipantulkan dengan intensitas tertinggi. Pada saat dilakukan pengamatan, lokasi permukaan benda yang ditembak dengan berkas elektron di-scan ke seluruh area daerah pengamatan. Kita dapat membatasi lokasi pengamatan dengan melakukan zoom-in atau zoom-out. Berdasarkan arah pantulan berkas pada berbagai titik pengamatan maka profil permukaan benda dapat dibangun program pengolahan gambar yang ada dalam komputer (Abdullah dan Khairurrijal, 2008).



Gambar 3. Visualisasi SEM Arang aktif Batang Pisang (Rahmawati, 2022)

(a) Sebelum aktivasi; (b) Setelah aktivasi

## 2.8 Fourier Transformation Infra Red (FTIR)

Spektrofotometer FTIR (*Fourier Transforms Infrared Spectroscopy*) digunakan untuk mengidentifikasi gugus fungsi dan interaksi antar prekursor dalam suatu material. Spektrofotometer FTIR berkaitan dengan vibrasi dari berbagai jenis ikatan molekul pada frekuensi yang berbeda. Analisa gugus fungsi karbon aktif dapat dianalisa dengan metode FTIR yaitu metode spektroskopi inframerah yang dilengkapi dengan transformasi *Fourier* untuk analisis hasil spektrumnya. Metode spektroskopi yang digunakan adalah metode absorpsi, yang didasarkan atas perbedaan penyerapan radiasi inframerah (Mentari *et al.*, 2018).

Gugus fungsi yang paling banyak muncul pada karbon aktif dengan menggunakan FTIR adalah gugus fungsi C-O. Oleh karena itu penentuan gugus fungsi atau unsur kimia pada permukaan karbon aktif dapat dilakukan analisis dengan menggunakan FTIR. FTIR memanfaatkan sinar IR dekat yang berada pada jangkauan panjang gelombang 2,5 - 25  $\mu\text{m}$  atau jangkauan frekuensi 400 – 4000  $\text{cm}^{-1}$ . Sinar ini muncul akibat vibrasi atom-atom pada posisi kesetimbangan dalam molekul dan kombinasi vibrasi dengan rotasi menghasilkan spektrum vibrasi-rotasi. Panjang gelombang eksak dari absorpsi oleh suatu tipe ikatan, bergantung pada macam getaran dari ikatan tersebut.

Menurut Rahmawati (2022) hasil pembacaan FTIR karbon aktif batang pisang kepok menunjukkan adanya penambahan intensitas penyerapan (area) dari karbon aktif sebelum aktivasi diantaranya pada gugus O-H, C=O dan C=C.

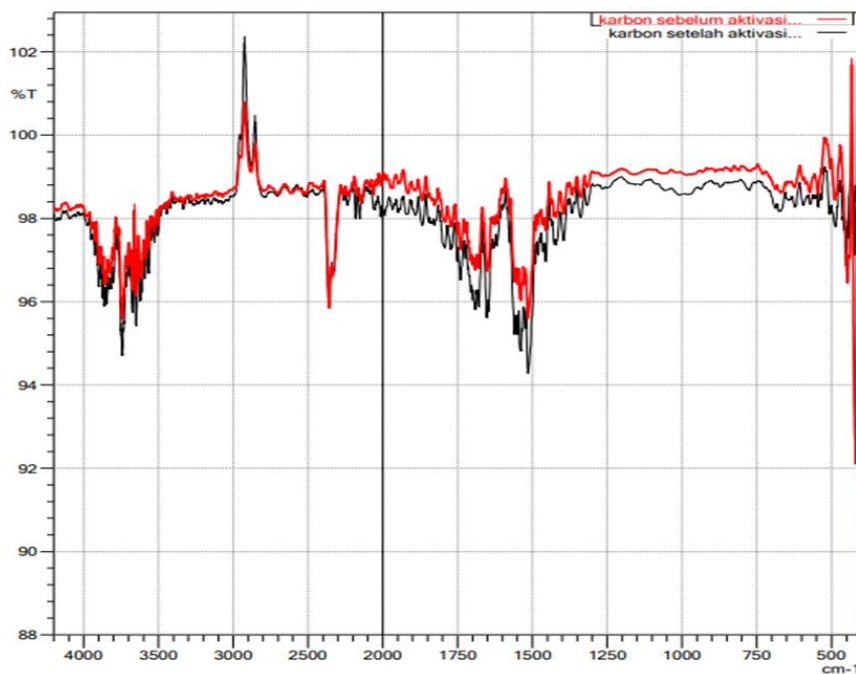
Tabel 3. Karakterisasi FTIR Karbon Aktif Batang Pisang

Bilangan Gelombang ( $\text{cm}^{-1}$ )	Jenis Ikatan (Gugus Fungsi)	Area	
		Sebelum Aktivasi	Setelah Aktivasi
3750-3000	O-H	77,880	133,759
2400-2100	-C $\equiv$ C-	139,901	146,283
1900-1650	C=O	33,164	47,008
1675-1500	C=C Aromatik dan Alifatik	99,401	131,106
<500	Oksida Logam	90,701	14,957

Sumber: Rahmawati (2022)

Gugus-gugus tersebut menghantarkan sifat asam dan basa ke arang aktif sehingga memungkinkannya untuk menyerap molekul pewarna kationik dan anionik (Misran *et al.*, 2021).

Oleh karena itu, tipe ikatan yang berlainan menyerap radiasi inframerah pada panjang gelombang yang berlainan. Dengan demikian spektrometri inframerah dapat digunakan untuk mengidentifikasi adanya gugus fungsi dalam suatu molekul (Supratman, 2010).



Gambar 4. Spektrum FTIR Arang aktif Batang Pisang (Rahmawati, 2022)

## **BAB III**

### **BAHAN DAN METODE**

#### **3.1 Waktu dan Tempat Penelitian**

Penelitian dilaksanakan pada Februari 2023 – Mei 2023 yang dilakukan di laboratorium PT SGS-WLN Indonesia yang berlokasi di Jl. Ahmad Yani Kavling 68B & 68E Tanah Sareal, Kota Bogor, Jawa Barat dan Laboratorium PT Anugrah Analisis Sempurna (AAS) yang berlokasi di Jl. Raya Jakarta-Bogor No. KM 37, Kel. Sukamaju, Kec. Cilodong, Kota Depok, Jawa Barat. Limbah batang pisang didapatkan dari perkebunan pisang daerah Kayu Manis, Tanah Sareal, Bogor. Pengambilan sampel limbah batik dilakukan di Industri Batik Bogor yang berlokasi di Jl. Jalak No.2, Tanah Sareal, Kota Bogor, Jawa Barat.

#### **3.2 Alat dan Bahan**

Alat yang digunakan dalam penelitian ini diantaranya yaitu, Oven, *Furnace*, SEM, FTIR, Spektrofotometer UV-VIS, *Analytical Balance* Mettler Toledo, botol coklat, piala gelas, corong kaca, kotak timbang, cawan porselen, desikator, *magnetic stirrer*, *stirrer plate*, *Mesh #100*, kotak timbang, cawan porselen, pipet volumetrik, erlenmeyer, buret, botol winkler, DO meter, pH meter, inkubator dan *shaker*.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini diantaranya yaitu batang pisang kepok, *Remazol Brilliant Blue* limbah cair industri batik Bogor, NaOH, HCl, aquadest, biru metilen, kertas saring *Whatman*, asam sulfat, air pengencer BOD, larutan bibit BOD dan standar warna Pt-Co.

#### **3.3 Metode Penelitian**

Penelitian ini dilakukan dalam skala laboratorium melalui beberapa tahapan. Tahap pertama yaitu pembuatan arang aktif dari limbah batang pisang dengan proses aktivasi secara kimia dan fisika. Tahap kedua dilakukan karakterisasi yang meliputi FTIR, SEM, dan uji mutu berbagai parameter arang aktif mengacu pada SNI 06.3730:1995. Tahap ketiga, melakukan sampling dan karakterisasi limbah industri batik, kemudian melakukan optimasi adsorben dengan variasi pH, waktu kontak, dan bobot yang diukur dengan metode spektrofotometri UV-vis. Tahap

keempat yaitu penetapan kapasitas adsorpsi maksimum menggunakan persamaan *Langmuir* dan *Freundlich*. Tahapan terakhir adalah aplikasi arang aktif berbahan dasar batang pisang terhadap limbah industri batik dan karakterisasi limbah batik.

### 3.3.1 Pembuatan Arang Aktif Batang Pisang

Proses pembuatan arang aktif dari batang pisang kepok meliputi tahap preparasi batang pisang, yaitu batang pisang dicuci hingga bersih, kemudian dipotong-potong dan dikeringkan di bawah paparan sinar matahari 7 jam sehari selama  $\pm 1$  minggu, kemudian dilanjutkan dengan proses pengovenan pada suhu  $150^{\circ}\text{C}$  selama 24 jam. Hasil batang pisang kering dikarbonisasi pada suhu  $500^{\circ}\text{C}$  selama 2 jam (Hidayah, Nur, *et al.*, 2012). Arang dihaluskan, diayak dengan ukuran 100 mesh, diaktivasi kimia dengan aktivator NaOH 5% selama 2 jam dengan perbandingan 1:3. Kemudian disaring, dicuci dengan *aquadest* hingga pH 7, dikeringkan dalam oven pada suhu  $110^{\circ}\text{C}$ . Kemudian arang diaktivasi fisika selama 1 jam dalam *furnace* dengan suhu  $500^{\circ}\text{C}$  dan didinginkan dalam desikator (Syahrir *et al.*, 2020).

### 3.3.2 Karakterisasi Arang Aktif Batang Pisang

Karakterisasi Arang Aktif Batang Pisang dilakukan dengan menggunakan *Fourier Transform Infra Red* (FTIR) dan *Scanning Electron Microscope* (SEM).

### 3.3.3 Uji Standar Mutu Arang Aktif

#### 3.3.3.1 Penetapan Kadar Air (SNI 06-3730-1995)

Sebanyak  $\pm 1$  gram arang aktif ditimbang dalam kotak timbang, kemudian dipanaskan dalam oven pada suhu  $105^{\circ}\text{C}$  selama 3 jam, didinginkan di dalam desikator dan ditimbang hingga bobot konstan. Kadar air yang menguap dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut:

$$\% \text{Air} = \frac{(\text{Bobot Sebelum Pemanasan} - \text{Bobot Sesudah Pemanasan})}{\text{Bobot Sampel Awal}} \times 100\%$$

#### 3.3.3.2 Penetapan Kadar Zat Menguap (SNI 06-3730-1995)

Ditimbang sebanyak  $\pm 1$  gram arang aktif batang pisang, dipanaskan pada *furnace* pada suhu  $950^{\circ}\text{C}$  selama 6 menit. Didinginkan di dalam desikator,



kemudian ditimbang. Kadar zat menguap dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut:

$$\%Zat\ Menguap = \frac{(Bobot\ Sebelum\ Pemanasan - Bobot\ Sesudah\ Pemanasan)}{Bobot\ Sampel\ Awal} \times 100\%$$

### 3.3.3.3 Penetapan Kadar Abu (SNI 06-3730-1995)

Ditimbang sebanyak  $\pm 1$  gram sampel arang aktif, dipanaskan pada suhu kamar sampai  $600\ ^\circ\text{C}$  selama 4 jam. Kemudian, didinginkan dalam desikator hingga bobotnya konstan, kemudian ditimbang. Kadar abu arang aktif dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut:

$$\% Abu = \frac{Bobot\ Residu}{Bobot\ Sampel\ Awal} \times 100\%$$

### 3.3.3.4 Penetapan Kadar Karbon (SNI 06-3730-1995)

Kadar karbon dapat ditentukan melalui jumlah kadar air, kadar abu dan kadar zat mudah menguap dari arang aktif. Sehingga dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut:

$$\% Karbon = 100 - (Kadar\ air + kadar\ abu + kadar\ zat\ menguap)\%$$

### 3.3.3.5 Penetapan Daya Serap terhadap Biru Metilen (SNI 06-3730-1995)

Arang aktif dipanaskan terlebih dahulu dalam oven dengan suhu  $105 \pm 5\ ^\circ\text{C}$  selama 1 jam, kemudian didinginkan di desikator. Ditimbang sebanyak 0,1 gram ke dalam erlenmeyer dan ditambahkan 100 mL larutan metilen biru 100 mg/L. Campuran diaduk selama 30 menit, kemudian disaring untuk memisahkan metilen biru dan sampel. Filtrat diambil dan diukur absorbansinya dengan spektrofotometer UV-Vis dengan menggunakan Panjang gelombang maks. 664 nm. Kurva standar larutan metilen biru dibuat dengan konsentrasi antara 1 sampai 6 mg/L, lalu absorbansi salah satu larutan diukur pada panjang gelombang 600-700 nm. Kapasitas adsorpsi (Q) dihitung dengan rumus :

$$Kapasitas\ Adsorpsi\ (Q)\ (mg/g) = \frac{V \times (Ca - Cb)}{W}$$

Keterangan :

V	: Volume metilen biru (L)
Ca	: Konsentrasi awal metilen biru (mg/L)
Cb	: Konsentrasi akhir metilen biru (mg/L)
W	: Bobot Arang Aktif (g)

### **3.3.4 Pengambilan Sampel Limbah Industri Batik (SNI 6989.58:2008)**

Sampel limbah cair industri batik yang digunakan berasal dari Industri Batik Bogor. Sampel diambil pada jam 13:00 WIB. Pengambilan sampel dilakukan secara langsung pada bak pengumpulan sisa limbah pewarnaan, kemudian sampel air ditampung dalam botol plastik. Sampel diawetkan dengan disimpan pada suhu 1 - 5°C dan untuk parameter COD sampel diawetkan dengan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> hingga pH ≤2.

### **3.3.5 Karakterisasi Limbah Industri Batik**

#### **3.3.5.1 Analisis *Remazol Brilliant Blue* pada Limbah Batik**

##### **1) Pembuatan Larutan Standar *Remazol Brilliant Blue* 500 mg/L**

Sebanyak 0,5 gram *Remazol Brilliant Blue* ditimbang, kemudian diencerkan menggunakan aquades ke dalam labu takar 1000 mL sampai tanda batas (Maslahat *et al.*, 2019).

##### **2) Pembuatan Kurva Standar *Remazol Brilliant Blue***

Kurva larutan zat warna *Remazol Brilliant Blue* dibuat dengan konsentrasi 4, 6, 8, 10 mg/L melalui proses pengenceran dari larutan induk 500 mg/L. Larutan tersebut diukur absorbansinya menggunakan Spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang optimum (Maslahat *et al.*, 2019).

##### **3) Penentuan Panjang Gelombang Optimum**

Larutan zat warna *Remazol Brilliant Blue* dengan konsentrasi 40 mg/L, diukur absorbansinya dengan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 430-650 sehingga didapatkan panjang gelombang optimum. Panjang gelombang optimum dicari pada masing-masing kondisi pH yang diujikan yaitu 5, 6, 7, 8, dan 9 (Maslahat *et al.*, 2019).

### 3.3.5.2 Penetapan Uji Warna Metode Spektrofotometri

Pengujian warna dilakukan dengan metode *APHA 23<sup>rd</sup> Edition Method 2120-C* (2017). Disiapkan larutan deret standar warna Pt-Co konsentrasi 0, 5, 10, 25, 50, 100 CU (*Colour Unit*). Sampel dibiarkan hingga mencapai suhu ruang dan apabila pH sampel diluar range 4 – 10 segera disesuaikan pH sampel menjadi 7. Dibaca larutan standar dan sampel dengan menggunakan kuvet 50 mm pada panjang gelombang 456 nm secara spektrofotometri.

### 3.3.5.3 Penetapan *Chemical Oxygen Demand* (COD) dengan metode refluks tertutup secara Spektrofotometri

Pengujian COD dilakukan dengan metode SNI 6989.2:2009 yaitu melalui proses *digest*. Tahapan ini dilakukan dengan memipet sampel atau larutan kerja kemudian ditambahkan larutan *digest* dan larutan asam sulfat dalam tabung tertutup, kemudian dikocok hingga homogen. Selanjutnya tabung dipanaskan pada suhu 150°C dan dilakukan refluks selama 2 jam. Kemudian diukur sampel yang telah dipanaskan, dibiarkan sampai temperatur ruang untuk mencegah terbentuknya endapan. Biarkan suspensi mengendap dan pastikan bagian yang akan diukur benar-benar bersih. Penyerapan sampel diukur pada panjang gelombang 600 nm dan kurva kalibrasi dibuat sebagai kuantifikasi area.

### 3.3.5.4 Penetapan *Total Suspended Solid* (TSS)

Uji TSS dilakukan dengan metode SNI 6989.3:2019 yaitu sampel yang telah disaring secara homogen dengan media penyaring yang telah ditimbang sebelumnya. Residu yang tertahan pada media penyaring dikeringkan pada kisaran suhu 103°C hingga 105°C hingga mencapai konstan. Kenaikan berat penyaring mewakili *total suspended solid* (TSS).

### 3.3.5.5 Pengukuran pH dan Suhu

Pengujian pH dan suhu dilakukan dengan metode SNI 6989.11:2019 yaitu elektroda dibilas dengan air bebas mineral, selanjutnya dikeringkan dengan tisu kertas. Kemudian elektroda dicelupkan ke dalam sampel sampai pH meter menunjukkan pembacaan yang stabil. Hasil pembacaan skala atau angka pada layar

dicatat. Setelah pengukuran, elektroda dibilas dan direndam kembali dengan air bebas mineral.

### **3.3.5.6 Penetapan *Biochemical Oxygen Demand* (BOD)**

Pengujian BOD dilakukan dengan metode *APHA 23<sup>rd</sup> Edition Method 5210-B* (2017). Disiapkan air pengencer BOD kemudian diisi pada 2 botol BOD sebagai blanko. Diisi botol dengan 50-100 mL sampel kemudian ditambahkan  $\pm 4$  mL larutan bibit BOD dan air pengencer hingga botol penuh. Dianalisa DO awal dengan DO Meter. Botol ditutup dan disimpan dalam inkubator pada suhu 20°C selama 5 hari. Dibaca DO akhir (setelah 5 hari).

### **3.3.6 Optimasi Kondisi Adsorpsi**

#### **3.3.6.1 Penentuan pH Optimum**

Sebanyak 1 gram arang aktif dan 50 mL larutan *Remazol Brilliant Blue* 50 mg/L yang telah diatur pH-nya mulai dari 5, 6, 7, 8 dan 9 dimasukkan ke dalam labu Erlenmeyer 100 mL. Pengaturan pH larutan dilakukan dengan menambahkan HCl 0,1 N atau NaOH 0,1 N. Diaduk dengan kecepatan 150 rpm selama 60 menit, kemudian hasilnya disaring, dan diukur absorbansinya pada panjang gelombang optimum dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis.

#### **3.3.6.2 Penentuan Waktu Kontak Optimum**

Arang aktif sebanyak 1 gram dan 50 mL larutan *Remazol Brilliant Blue* 50 mg/L dimasukkan ke dalam labu Erlenmeyer dengan pH optimum yang diperoleh. Diaduk dengan kecepatan 150 rpm dengan variasi waktu 30, 60, 90, 120, dan 200 menit. Larutan disaring, filtrat larutan absorbansinya diukur dengan spektrofotometer UV-Vis.

#### **3.3.6.3 Penentuan Bobot Optimum Arang Aktif**

Arang aktif yang telah diaktivasi dimasukkan ke dalam erlenmeyer dengan variasi 0,5; 1; 1,5; 2; 2,5; dan 3 gram, kemudian ditambahkan dengan 50 mL zat warna *Remazol Brilliant Blue* 50 mg/L. Selanjutnya erlenmeyer yang telah berisi arang aktif dan zat warna *Remazol Brilliant Blue* diaduk selama waktu kontak

optimum dengan kecepatan 150 rpm. Campuran kemudian disaring dan diambil filtratnya untuk diukur absorbansinya dengan spektrofotometer UV-Vis.

### 3.3.7 Penentuan Model Isoterm Adsorpsi dan Kapasitas Maksimum Adsorpsi

Arang yang telah diaktivasi ditimbang sebanyak 1 gram pada 5 erlenmeyer, kemudian dimasukkan 50 mL zat warna *Remazol Brilliant Blue* dengan konsentrasi masing-masing 25, 50, 75, 100, dan 125 mg/L dalam erlemeyer. Campuran arang aktif dan zat warna tersebut disesuaikan dengan pH optimum dan diaduk selama waktu optimum dengan kecepatan 150 rpm kemudian disaring, diambil filtratnya kemudian absorbansinya diukur dengan spektrofotometer UV-Vis.

Pengujian model isoterm adsorpsi yang sesuai dilakukan dengan perhitungan menggunakan persamaan Langmuir dan Freundlich. Penentuan kapasitas adsorpsi maksimum menggunakan persamaan isoterm Langmuir (Atkins, 1999), yaitu:

$$\frac{C}{x/m} = \frac{1}{Kb} + \frac{1}{b}C$$

Keterangan :

x/m = massa yang adsorbat yang dijerap pergram adsorben (mg/g)

C = Konsentrasi kesetimbangan adsorbat dalam larutan setelah diadsorpsi (mg/L)

b = kapasitas serap maksimum

K = konstanta empiris isoterm Langmuir

Penentuan kapasitas adsorpsi maksimum menggunakan persamaan isoterm Freundlich (Atkins, 1999), yaitu:

$$\log \frac{x}{m} = \log k + \frac{1}{n} \log C$$

Keterangan :

x/m = massa yang adsorbat yang dijerap pergram adsorben

C = Konsentrasi kesetimbangan adsorbat dalam larutan setelah diadsorpsi (mg/L)

n dan k = konstanta empiris isoterm Freundlich

### 3.3.8 Aplikasi pada Limbah Zat Warna Batik

Arang aktif sebanyak bobot optimum dimasukkan ke dalam erlenmeyer, ditambahkan 50 mL limbah zat warna batik lalu diaduk dengan kecepatan 150 rpm selama waktu kontak optimum dan kondisi pH optimum. Hasil yang diperoleh kemudian disaring menggunakan kertas saring. Filtrat yang dihasilkan diukur absorbansinya dengan spektrofotometer UV-Vis. Limbah zat warna batik diencerkan 200 kali (Sumarni, 20212).

Dilakukan karakterisasi limbah industri batik sebelum dan sesudah adsorpsi berdasarkan baku mutu PermenLHK No.16 tahun 2019 yaitu meliputi parameter uji warna, pH, analisis COD, BOD dan TSS serta analisis kadar *Remazol brilliant blue* sebagai tujuan penelitian.

### 3.3.9 Pengolahan Data

Besarnya kapasitas penyerapan arang aktif batang pisang terhadap zat warna *Remazol Brilliant Blue* dihitung berdasarkan persamaan adsorpsi sebagai berikut (Atkins, 1999):

$$Q \text{ (mg/g)} = \frac{V(C_0 - C)}{w}$$

Keterangan :

Q = Kapasitas Penyerapan (mg/g)

C<sub>0</sub> = Kosentrasi awal (mg/L)

C = Kosentrasi akhir (mg/L)

w = Massa arang aktif (gram)

V = Volume larutan (L)

Dilakukan perhitungan terhadap konsentrasi *Remazol Brilliant Blue* pada sampel limbah industri batik sebelum dan sesudah dikontakan dengan arang aktif batang pisang (% Efisiensi Adsorpsi), dengan menggunakan rumus sebagai berikut (Atkins, 1999):

$$\text{Efisiensi Penyerapan (\%)} = \frac{(C_0 - C)}{C_0} \times 100\%$$

Keterangan :

C<sub>0</sub> = Kosentrasi awal (mg/L)

C = Kosentrasi akhir (mg/L)

Pengolahan data hasil penelitian disajikan secara deskripsif dengan statistik sederhana. Untuk mendapatkan kondisi optimum dilakukan dengan metoda grafik. Kapasitas adsorpsi maksimum ditentukan dengan metoda grafik berdasarkan persamaan isotherm Langmuir. Karakteristik adsorpsi (nilai tetapan serapan) ditentukan dengan metoda grafik isotherm sorpsi.

## **BAB IV**

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

Produk pada penelitian ini adalah arang aktif yang dibuat dari batang pisang kepok yang diperoleh dari Kelurahan Kayu Manis, Kota Bogor dan diaktivasi secara kimia dengan NaOH 5% kemudian secara fisika dengan *furnace* pada suhu 500<sup>0</sup>C. Arang aktif yang diperoleh dikarakterisasi dengan FTIR dan SEM kemudian dilakukan uji kualitas arang aktif sesuai SNI 06-3730-1995. Optimasi kondisi adsorpsi arang aktif dilakukan dengan variasi pH, waktu kontak dan bobot optimum diikuti dengan penentuan pola isotherm adsorpsi. Arang aktif diaplikasikan pada limbah industri batik kemudian dilakukan karakterisasi limbah sebelum dan sesudah adsorpsi sesuai PermenLHK No.16 tahun 2019.

#### **4.1 Rendemen Arang Aktif Batang Pisang**

Arang aktif dibuat melalui dua tahap, yaitu karbonisasi dan aktivasi. Karbonisasi merupakan proses pengarangan dalam ruangan tanpa adanya oksigen dan bahan kimia lainnya, sedangkan aktivasi adalah suatu perlakuan terhadap arang yang bertujuan untuk membuka atau memperbesar pori yaitu dengan cara memecahkan ikatan hidrokarbon atau mengoksidasi molekul-molekul permukaan sehingga arang mengalami perubahan sifat, baik fisika maupun kimia, yaitu luas permukaannya bertambah besar dan berpengaruh terhadap daya adsorpsi (Wulandari, 2015).



Gambar 5. Arang Aktif Batang Pisang

Berdasarkan penelitian yang dilakukan, didapatkan arang hasil karbonisasi pada suhu 500<sup>0</sup>C selama 2 jam yaitu sebanyak 558 gram dari 27,3 kg batang pisang dengan kadar air batang pisang sebesar 93,4%. Setelah dilakukan aktivasi secara kimia dan fisika, didapatkan hasil arang aktif sebanyak 517 gram dengan rendemen



sebesar 1,89%. Karakteristik fisik arang aktif batang pisang yaitu berwarna hitam (Gambar 5) dengan ukuran partikel 100 mesh dan termasuk arang aktif butiran. Aktivasi kimia dilakukan menggunakan NaOH, sebagai aktivator karena sebagai basa kuat, diharapkan mampu melarutkan pengotor dan mineral zat organik lain yang menutupi pori sehingga luas permukaan, ukuran pori lebih besar dan gugus fungsi arang aktif bertambah. (Krismayanti, 2019)

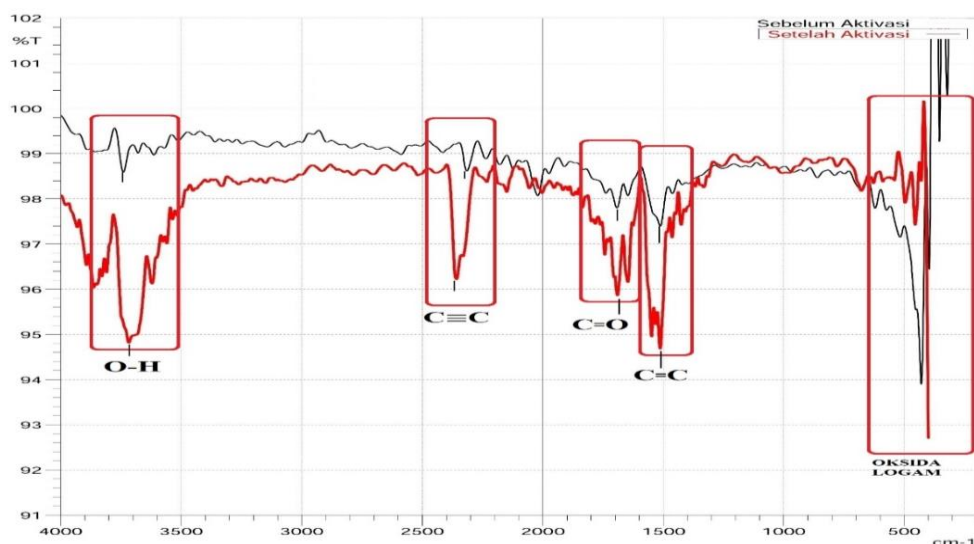
Sedangkan aktivasi fisika dilakukan pada suhu 500°C selama 1 jam yang bertujuan untuk meningkatkan volume pori dan luas permukaan arang (Yulianti, 2010).

## 4.2 Karakterisasi Arang Aktif

Karakterisasi arang aktif dilakukan dengan menggunakan FTIR untuk mengetahui gugus fungsi yang terdapat pada arang aktif dan dengan menggunakan SEM untuk melihat pori-pori pada permukaan arang aktif. Karakterisasi dilakukan pada arang sebelum dan sesudah aktivasi.

### 4.2.1 Karakterisasi Arang Aktif dengan FTIR

Spektrum FTIR menunjukkan beberapa gugus fungsional dan perubahan gugus fungsi pada bilangan gelombang tertentu dengan menghasilkan puncak – puncak (*peak*) gelombang dari bahan atau senyawa yang diujikan (Lestari, 2022). Berikut merupakan spektrum hasil karakterisasi FTIR arang aktif batang pisang sebelum dan sesudah aktivasi.



Gambar 6. Spektrum FTIR Arang Aktif Batang Pisang Sebelum dan Sesudah Aktivasi

Berdasarkan spektrum FTIR yang dihasilkan dari arang aktif batang pisang pada Gambar 6, terjadi peningkatan intensitas penyerapan (area) pada arang aktif sesudah aktivasi dibandingkan dengan sebelum aktivasi. Aktivasi berperan dalam memperbesar daya serap dan meningkatkan potensi karbon aktif dalam mengikat senyawa - senyawa pengotor. Untuk karbon teraktivasi basa kuat NaOH terjadi peregangan gugus hidroksil (Lestari, 2022) yang ditunjukkan dari spektrum yang dihasilkan, terdapat adanya serapan pada bilangan gelombang  $3740,04 \text{ cm}^{-1}$  yang menandakan adanya gugus hidroksil. Serapan pada bilangan gelombang  $2358,02 \text{ cm}^{-1}$  menunjukkan adanya gugus asetil ( $\text{C}\equiv\text{C}$ ), pada bilangan gelombang  $1689,67 \text{ cm}^{-1}$  menunjukkan adanya gugus karbonil ( $\text{C}=\text{O}$ ), sedangkan pada bilangan gelombang  $1500 - 1600 \text{ cm}^{-1}$  menunjukkan serapan ikatan  $\text{C}=\text{C}$ , yang mengindikasikan semakin murninya unsur karbon yang dihasilkan karena adanya peningkatan kadar karbon (Mentari, 2018). Pada bilangan gelombang  $<500 \text{ cm}^{-1}$  terdapat serapan dari oksida logam yang berasal dari NaO yang terbentuk, hal ini dapat dikarenakan masih adanya NaOH yang tertinggal pada permukaan arang aktif saat dilakukan aktivasi fisika.

Berdasarkan hasil FTIR diatas dapat disimpulkan bahwa arang aktif yang dihasilkan memiliki gugus fungsi dengan struktur karbon aktif pada umumnya yang mengandung O-H,  $\text{C}\equiv\text{C}$ ,  $\text{C}=\text{C}$ , dan gugus C-O yang digunakan sebagai gugus aktif untuk menyerap adsorbat (Alfarisi, 2017). Menurut Dachriyanus (2004), penyebab terjadinya serapan frekuensi inframerah karena adanya vibrasi dari suatu ikatan yang disebabkan oleh energi radiasi inframerah. Gugus fungsi arang aktif pada Gambar 6 dapat dijabarkan sebagai berikut :

Tabel 4. Spektrum IR Arang Aktif Batang Pisang Sebelum dan Sesudah Aktivasi

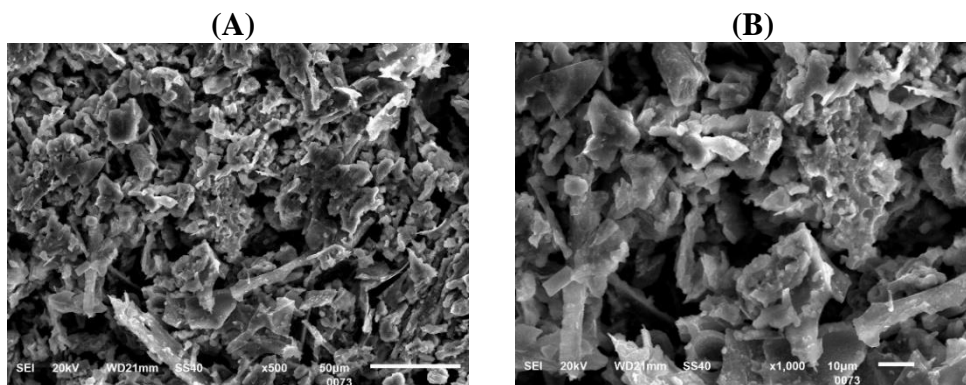
Jenis Ikatan (Gugus Fungsi)	Bilangan Gelombang ( $\text{cm}^{-1}$ )	Intensitas Penyerapan (Area)	
		Sebelum Aktivasi	Sesudah Aktivasi
O-H	3750-3000	74,170	275, 657
- $\text{C}\equiv\text{C}$ -	2400-2100	79,506	168,502
C=O	1900-1650	109,766	120,581
C=C Aromatik dan Alifatik	1675-1500	232,065	349,187
Oksida Logam	<500	172,541	66,718

Literatur : Dachriyanus (2004)

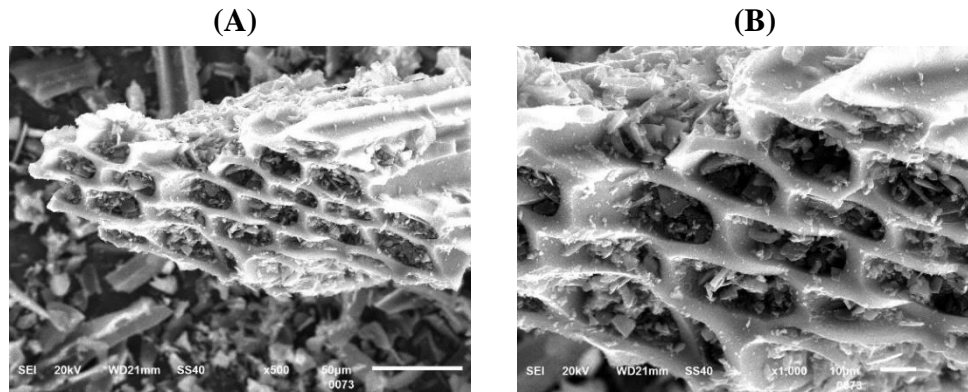
Menurut Wibowo *et al.* (2011), terjadinya perubahan intensitas penyerapan (area) membuktikan bahwa karbonisasi akan mengakibatkan perubahan gugus fungsi yaitu terjadinya pergeseran, perubahan bilangan gelombang serapan atau tingkat serapannya dan terbentuknya senyawa radikal tidak stabil yang selanjutnya bereaksi membentuk senyawa baru. Karbonisasi dan aktivasi menjadi arang aktif akan meningkatkan senyawa aromatik. Senyawa tersebut merupakan penyusun struktur heksagonal arang dan arang aktif (Wibowo *et al.*, 2011).

#### 4.2.2 Karakterisasi Arang Aktif dengan SEM

Karakterisasi arang aktif menggunakan SEM (*Scanning Electron Microscope*) dilakukan untuk mempelajari morfologi permukaan arang aktif. Berdasarkan hasil karakterisasi SEM, terdapat perbedaan struktur pori arang aktif batang pisang sebelum dan sesudah aktivasi. Pada Gambar 7, terlihat bahwa arang aktif sebelum aktivasi memiliki struktur pori yang lebih rapat daripada arang aktif setelah aktivasi secara kimia dan fisika yaitu pada Gambar 8. Pada Gambar 8A, dengan perbesaran 500x arang aktif batang pisang sesudah aktivasi sudah dapat terlihat memiliki struktur pori yang lebih terbuka dan setelah dilihat dengan perbesaran 1000x (Gambar 8B) struktur pori tersebut terlihat lebih jelas yaitu membentuk rongga – rongga yang lebar.



Gambar 7. Hasil SEM Arang Aktif Batang Pisang sebelum aktivasi perbesaran 500x (A) dan 1000x (B)



Gambar 8. Hasil SEM Arang Aktif Batang Pisang sesudah aktivasi perbesaran 500x (A) dan 1000x (B)

Pembentukan dan pembesaran pori disebabkan oleh penguapan komponen selulosa yang terdegradasi dan lepasnya zat terbang. Pengurangan senyawa hidrokarbon menghasilkan permukaan karbon aktif terlihat semakin jelas. Proses aktivasi bertujuan untuk memperbesar pori yaitu dengan cara memecahkan ikatan hidrokarbon atau mengoksidasi molekul-molekul permukaan sehingga karbon mengalami perubahan yaitu luas permukaannya bertambah besar dan berpengaruh terhadap daya adsorpsi. Struktur pori-pori yang terbentuk berasal dari penguapan dan pelarutan senyawa-senyawa non-karbon yang terdapat di dalam bahan baku yang disebabkan oleh proses karbonisasi, yang bisa meninggalkan beberapa ruang kosong yang membentuk pori-pori (Mentari, 2018).

#### 4.3 Kualitas Arang Aktif Batang Pisang (SNI 06-3730-1995)

Arang aktif yang diperoleh diuji kualitasnya sesuai dengan SNI No. 06-3730-1995 yang meliputi pengujian kadar air, kadar abu, kadar zat menguap, kadar karbon murni, dan daya serap terhadap biru metilen. Hasil uji kualitas arang aktif butiran didapatkan sebagai berikut:

Tabel 5. Hasil Uji Kualitas Mutu Butiran Arang Aktif Batang Pisang

Parameter	Syarat Butiran	Syarat Serbuk	Hasil	Keterangan
Kadar Air	Maks. 4,5%	Maks. 15%	0,63%	Memenuhi
Kadar Abu	Maks. 2,5%	Maks. 10%	5,41%	Tidak Memenuhi
Kadar Zat Menguap	Maks. 15%	Maks. 25%	13,30%	Memenuhi
Kadar Karbon	Min. 80%	Min. 60%	80,67%	Memenuhi
Uji Daya Serap Biru Metilen	Min. 60 mg/g	Min. 120 mg/g	88,65 mg/g	Memenuhi

### 4.3.1 Kadar Air Arang Aktif

Penentuan kadar air bertujuan untuk mengetahui sifat higroskopis dari arang aktif, sifat yang sangat higroskopis inilah yang menyebabkan arang aktif digunakan sebagai adsorben. Semakin rendah kadar air menunjukkan sedikitnya air yang tertinggal dan menutupi pori arang aktif (Syahrir *et al*, 2020). Pada penelitian ini, didapatkan hasil kadar air sebesar 0,63% dimana memenuhi syarat SNI 06-3730-1995 yaitu maksimal sebesar 4,5%. Kadar air yang didapatkan lebih rendah dibandingkan penelitian Syahrir *et al*, 2020 yaitu sebesar 1,51%. Kadar air dari arang aktif dipengaruhi oleh sifat higroskopis dan uap air pada udara, lalu lama proses pendinginan, dan pengayakan (Lestari, 2022). Kadar air yang tinggi dapat menurunkan mutu arang aktif karena dapat mengurangi daya serap terhadap gas atau cairan (Lazulva, 2013).

### 4.3.2 Kadar Abu Arang Aktif

Kadar abu merupakan banyaknya kandungan oksida logam yang terdiri dari mineral-mineral dalam suatu bahan yang tidak dapat menguap pada proses pengabuan. Kadar abu sangat berpengaruh terhadap kualitas karbon aktif. Keberadaan abu yang berlebihan dapat menyebabkan terjadinya penyumbatan pori-pori karbon aktif, sehingga luas permukaan karbon aktif menjadi berkurang (Laos *et al*, 2016).

Pada penelitian ini, didapatkan hasil kadar abu sebesar 5,41% dimana belum memenuhi syarat SNI 06-3730-1995 yaitu maksimal sebesar 2,5%. Kadar abu yang didapatkan lebih rendah dibandingkan penelitian Syahrir *et al*, 2020 yaitu sebesar 8,81%. Menurut Rahmawati (2022), dengan menggunakan aktivator  $\text{KMnO}_4$  hasil kadar abu yang didapatkan sebesar 2,1%. Kadar abu yang tinggi dapat disebabkan karena masih terdapat  $\text{NaOH}$  yang tertinggal saat proses pencucian setelah aktivasi kimia, dimana  $\text{NaOH}$  digunakan sebagai aktivator. Menurut Laos *et al*, (2016) kandungan abu dapat berupa kalsium, kalium, magnesium dan natrium yang dapat menutup dan menghalangi pori-pori arang aktif. Peningkatan kadar abu dapat terjadi akibat terbentuknya garam-garam mineral pada saat proses pengarangan yang bila dilanjutkan akan membentuk partikel-partikel halus dari garam mineral

tersebut. Hal ini disebabkan karena adanya kandungan bahan mineral yang terdapat di dalam bahan awal biomassa pembuat karbon.

#### **4.3.3 Kadar Zat Menguap Arang Aktif**

Penentuan kadar zat menguap bertujuan untuk mengetahui kandungan senyawa yang belum menguap pada saat karbonisasi dan aktivasi tetapi menguap pada suhu 950<sup>0</sup>C, sehingga dapat diketahui besarnya kandungan zat selain karbon pada permukaan arang aktif (Syahrir *et al*, 2020). Pada penelitian ini, didapatkan hasil kadar zat menguap sebesar 13,30% dimana memenuhi syarat SNI 06-3730-1995 yaitu maksimal sebesar 15%. Kadar zat menguap yang didapatkan lebih tinggi dibandingkan penelitian Syahrir *et al*, 2020 yaitu sebesar 8,98%. Rendahnya kadar zat terbang dihasilkan menunjukkan bahwa semakin rendahnya senyawa non karbon pada permukaan arang arang aktif sehingga akan meningkatkan kemampuan daya serap arang aktif (Syahrir *et al*, 2020).

#### **4.3.4 Kadar Karbon Arang Aktif**

Kadar karbon terikat dipengaruhi oleh nilai persentase kadar air, abu, uap dan juga oleh kandungan selulosa dan lignin yang dapat diubah menjadi karbon. Semakin tinggi nilai karbon terikat pada arang aktif, maka semakin tinggi kemurnian karbon bila dibandingkan arang sebelum diaktifkan. Hal ini karena senyawa non karbon telah banyak hilang pada proses aktivasi (Lestari, 2022). Pada penelitian ini, didapatkan hasil kadar karbon sebesar 80,67% dimana memenuhi syarat SNI 06-3730-1995 yaitu minimal sebesar 80%. Hasil tersebut mendekati perhitungan kadar karbon dari penelitian Syahrir *et al*, 2020 yaitu 80,70%.

#### **4.3.5 Uji Daya Serap Arang Aktif Terhadap Biru Metilen**

Adsorpsi biru metilen telah banyak dilakukan untuk menentukan kapasitas adsorpsi arang aktif. Penetapan ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan arang aktif untuk menyerap larutan berwarna dan menentukan luas permukaan pori arang aktif (Lazulva, 2013). Semakin besar kapasitas adsorpsinya maka semakin besar luas permukaan arang aktif. Penentuan daya serap terhadap biru metilen dilakukan dengan menggunakan Spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 664 nm, sesuai dengan hasil pengukuran panjang gelombang maksimum. Pada penelitian

ini, didapatkan hasil daya serap terhadap biru metilen sebesar 88,65 mg/g dimana memenuhi syarat SNI 06-3730-1995 yaitu minimal sebesar 60 mg/g.

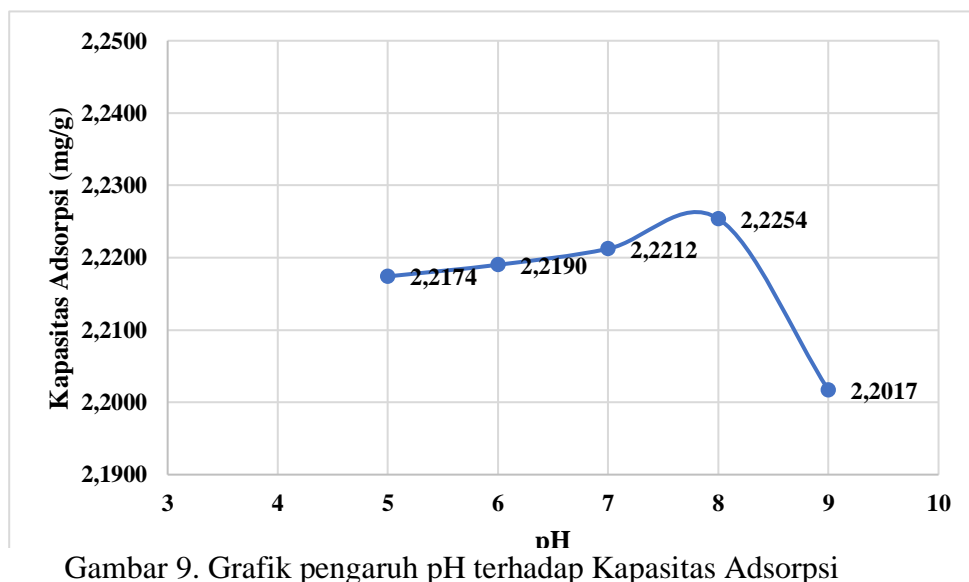
#### 4.4 Kondisi Optimum Adsorpsi Arang Aktif Batang Pisang Terhadap

##### *Remazol Brilliant Blue*

Penentuan kondisi optimum adsorpsi arang aktif batang pisang terhadap zat warna *Remazol Brilliant Blue* dilakukan pada 3 kondisi, diantaranya adalah kondisi pH optimum, waktu kontak optimum dan bobot optimum. Penelitian dilakukan pada 50 mL larutan zat warna *Remazol Brilliant Blue* 50 mg/L dan menggunakan Spektrofotometer uv-vis pada panjang gelombang 609,5 nm, sesuai dengan hasil pengukuran panjang gelombang maksimum dari *Remazol Brilliant Blue* yang digunakan.

##### 4.4.1 pH Optimum

Salah satu faktor yang mempengaruhi adsorpsi arang aktif terhadap zat warna *remazol brilliant blue* (RBB) adalah pH. Pada penelitian ini, kondisi pH yang digunakan adalah pH 5, 6, 7, 8, dan 9. Berdasarkan penelitian diperoleh data pada Gambar 9, pH optimum arang aktif untuk adsorpsi RBB yaitu pH 8, dimana didapatkan kapasitas adsorpsi sebesar 2,2254 mg/g dengan efisiensi adsorpsi sebesar 87,87%. Hasil pH optimum yang didapatkan memiliki kesamaan dengan hasil penelitian Maslahat *et al*, 2019.

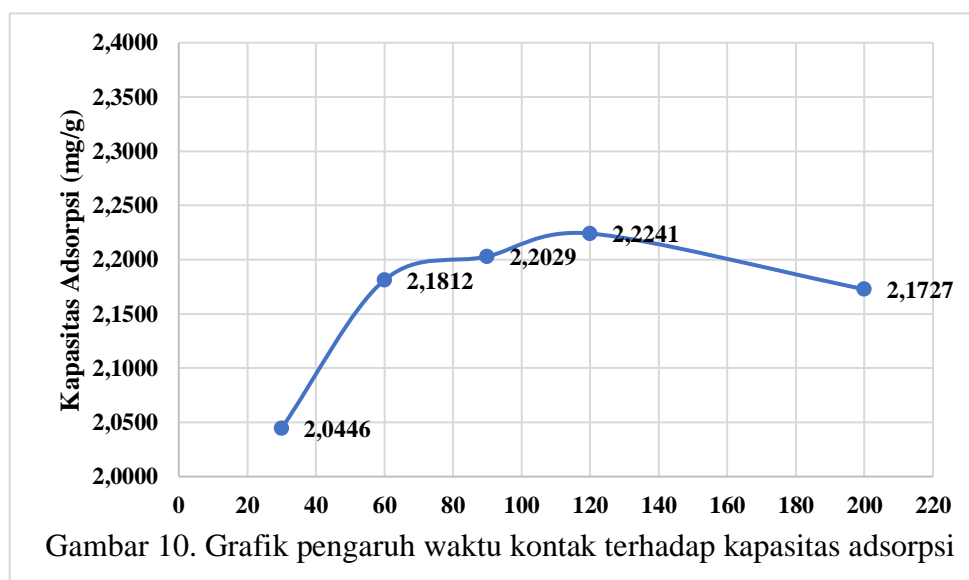


Gambar 9. Grafik pengaruh pH terhadap Kapasitas Adsorpsi

Pada pH di bawah 8 penyerapan yang terjadi relatif rendah. Hal ini dikarenakan pada kondisi pH rendah terdapat adanya  $H^+$  dari larutan yang akan mencegah terjadinya interaksi zat warna dengan gugus aktif yang terdapat pada permukaan adsorben, karena adanya persaingan antara  $H^+$  dan gugus aktif dari arang aktif hasil sintesis untuk berikatan dengan larutan zat warna yang terdisosiasi menjadi ion-ionnya (Maslahat *et al*, 2019). Hasil penyerapan pada pH 8 mengalami kenaikan, hal ini terjadi karena permukaan adsorben cenderung terionisasi dengan melepas ion  $H^+$  sehingga permukaan adsorben menjadi negatif. Hal ini menyebabkan terjadinya interaksi elektrostatis antara permukaan arang aktif dengan zat warna. Penyerapan terendah terjadi pada pH 9, dikarenakan pada pH tersebut ion  $OH^-$  yang terlalu banyak mengakibatkan interaksi antara ion  $OH^-$  dengan zat warna tolak menolak sehingga daya serapnya semakin berkurang. Pada pH terlalu basa ( $>8$ ), jumlah proton relatif kecil dan menyebabkan peluang terjadinya pengikatan zat warna menjadi besar, sehingga ion-ion zat warna dapat membentuk endapan hidroksida dan dapat menurunkan zat warna yang diserap (Maghfiroh, 2016).

#### 4.4.2 Waktu Kontak Optimum

Waktu kontak optimum adalah waktu penyerapan adsorbat ke permukaan adsorben terjadi secara maksimum. Penentuan waktu kontak bertujuan untuk mengetahui lama waktu yang dibutuhkan untuk mencapai penyerapan optimum pada zat warna *remazol brilliant blue* oleh arang aktif hasil sintesis. Waktu kontak



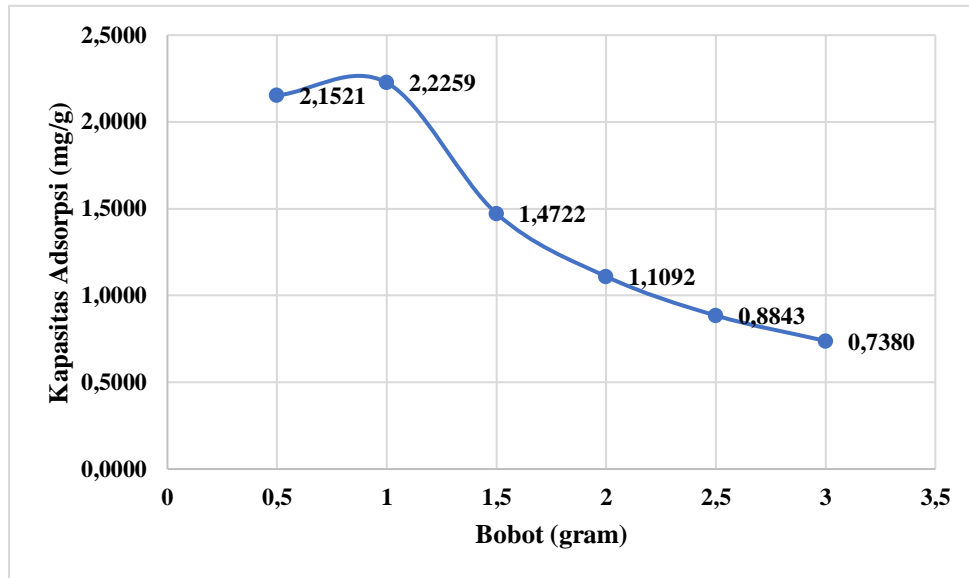


dan tumbukan merupakan faktor penting dalam adsorpsi. Semakin banyak tumbukan yang terjadi maka reaksi semakin cepat berlangsung sampai terjadi kondisi setimbang (Maslahat *et al*, 2019).

Berdasarkan Gambar 10 diketahui bahwa waktu optimum adsorpsi yang diperoleh adalah 120 menit dengan kapasitas adsorpsi sebesar 2,2241 mg/g dengan efisiensi adsorpsi sebesar 87,82%. Pada waktu kontak 200 menit terjadi penurunan kapasitas adsorpsi, Penurunan adsorpsi tersebut menunjukkan bahwa zat warna yang teradsorpsi meningkat dengan bertambahnya waktu kontak dan akan mengalami penurunan setelah tercapainya waktu optimum. Gejala ini menandakan terjadinya peristiwa desorpsi. Desorpsi dapat terjadi karena penjerapan zat warna oleh arang aktif akibat adanya interaksi ionik, yang menyebabkan gugus amina ( $\text{NH}_2$ ) pada zat warna *remazol brilliant blue* terprotonasi menjadi ion amina ( $-\text{NH}_3^+$ ) yang bersifat basa. Dengan demikian bertambahnya waktu adsorpsi menyebabkan lingkungan proses adsorpsi menjadi semakin basa (Maslahat *et al*, 2019s). Menurut Maghfiroh (2016), setelah adsorpsi mencapai keadaan setimbang pada waktu kontak optimum, penambahan waktu kontak antara adsorben dan adsorbat selanjutnya tidak memberikan pengaruh signifikan terhadap penyerapan zat warna. Kontak fisik antara zat warna dengan adsorben menyebabkan zat warna lama-kelamaan terlepas ke dalam larutan. Hal ini yang terlalu lama mengakibatkan jumlah zat warna yang terukur semakin besar, yang mengindikasikan daya serapnya juga menurun.

#### **4.4.3 Bobot Optimum**

Pengaruh jumlah adsorben merupakan parameter penting karena dapat menentukan kapasitas adsorben selama penambahan konsentrasi awal adsorbat. Berdasarkan hasil pada Gambar 11, pada bobot 1,0 gram didapatkan hasil kapasitas adsorpsi sebesar 2,2259 mg/g dengan efisiensi adsorpsi sebesar 87,99%.

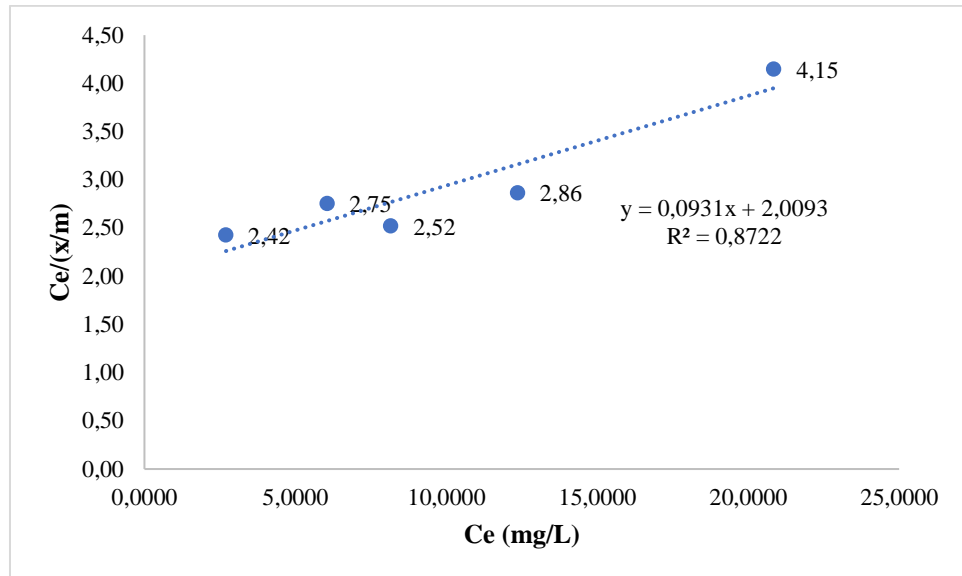


Gambar 11. Grafik pengaruh Bobot terhadap Kapasitas Adsorpsi

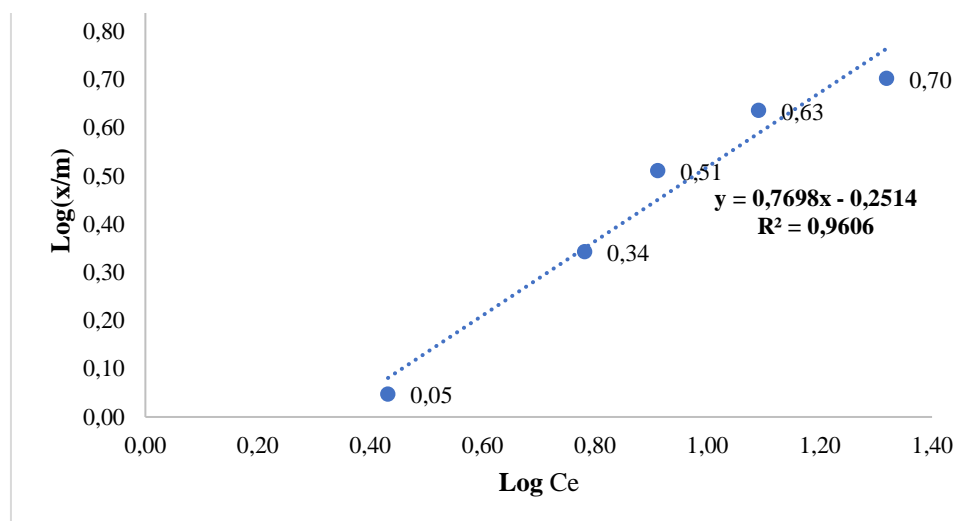
Hasil penelitian ini sama dengan hasil yang diperoleh oleh Arifin *et al.* (2012), yang menunjukkan bahwa penurunan zat warna meningkat seiring dengan meningkatnya massa adsorben yang digunakan. Hal tersebut karena jumlah adsorben mempengaruhi proses adsorpsi, semakin bertambahnya bobot menyebabkan adsorben telah mencapai titik jenuh jika permukaannya telah terisi oleh adsorbat.

#### 4.4.4 Penentuan Isoterm Adsorpsi Langmuir dan Freundlich

Penentuan isoterm adsorpsi dapat diperoleh dari perhitungan hasil jumlah zat warna teradsorpsi dan konsentrasi zat warna setimbang pada saat variasi konsentrasi zat warna *remazol brilliant blue*. Penelitian ini dikaji dengan dua model isoterm adsorpsi, yaitu isoterm adsorpsi Langmuir dan isoterm adsorpsi Freundlich. Tipe isoterm adsorpsi dapat digunakan untuk mengetahui mekanisme penjerapan zat warna *remazol brilliant blue* dengan adsorben arang aktif batang pisang. Isoterm adsorpsi Langmuir dilakukan dengan cara membuat kurva hubungan  $C/(x/m)$  terhadap  $C_e$ , sedangkan isoterm adsorpsi Freundlich dilakukan dengan membuat kurva hubungan  $\log(x/m)$  terhadap  $\log C_e$ . Berikut merupakan grafik persamaan isotherm adsorpsi Langmuir (Gambar 12) dan Freundlich (Gambar 13) arang aktif batang pisang terhadap *Remazol brilliant blue*.



Gambar 12. Grafik Isoterm Adsorpsi Langmuir Arang Aktif Batang Pisang



Gambar 13. Grafik Isoterm Adsorpsi Freundlich Arang Aktif Batang Pisang

Pengujian persamaan adsorpsi dibuktikan dengan kurva linear yang baik dan memiliki koefisien korelasi  $R^2 \geq 0,9$  atau mendekati angka 1 (Widayana *et al*, 2022). Berdasarkan penelitian ini (Gambar 12 dan 13), dapat ditentukan bahwa adsorpsi zat warna *remazol brilliant blue* dengan arang aktif batang pisang mengikuti tipe isoterm Freundlich karena nilai linearitasnya lebih besar. Isoterm Freundlich mengasumsikan bahwa adsorpsi yang melibatkan fase padat-cair berlangsung secara fisika karena berinteraksi secara fisika yaitu hanya menempel pada permukaan pori adsorben saja. Isoterm Freundlich mengasumsikan bahwa permukaan arang aktif bersifat heterogen, membentuk banyak lapisan, terdapat sisi

aktif adsorpsi yang memiliki afinitas tinggi, dan bagian lainnya memiliki afinitas yang rendah. Adsorpsi secara fisika terjadi terutama karena adanya gaya tarik antara molekul zat terlarut dengan adsorben lebih besar daripada gaya tarik antara molekul dengan pelarutnya, sehingga zat terlarut tersebut akan diadsorpsi ke permukaan adsorben (Maslahat *et al*, 2019). Menurut Masruhin *et al* (2018), molekul-molekul yang diadsorpsi secara fisika tidak terikat kuat pada permukaan, dan biasanya terjadi proses balik yang cepat, sehingga mudah untuk diganti dengan molekul yang lain. Adsorpsi fisika didasarkan pada gaya Van Der Waals, dan dapat terjadi pada permukaan yang polar dan non polar.

Tabel 6. Nilai Konstanta Persamaan Regresi Freundlich dan Langmuir

	<b>Freundlich</b>		<b>Langmuir</b>	
<b>Persamaan</b>	$\text{Log } (x/m) = \text{Log } k + 1/n \text{ log } C_e$		$C_e / (x/m) = (1/b) \cdot C_e + 1/Kb$	
	$y = 0,7698x - 0,2514$		$y = 0,0931x + 2,0093$	
<b>R<sup>2</sup></b>	0,9606		0,8722	
<b>Adsorbat</b>	<b>n</b>	<b>Kf</b>	<b>b</b>	<b>Kl</b>
<b><i>Remazol Brilliant Blue</i></b>	1,2990	0,5605	10,7411	0,0463

Nilai konstanta n, Kf, b dan Kl dapat dihitung dari persamaan regresi Freundlich dan Langmuir untuk zat warna *remazol brilliant blue* dapat dilihat pada Tabel 7. Nilai n menggambarkan intensitas dari adsorpsi, sedangkan nilai Kf menunjukkan kapasitas adsorpsi dari adsorben. Nilai b menggambarkan jumlah yang dijerap atau kapasitas adsorpsi untuk membentuk lapisan sempurna pada permukaan adsorben. Nilai Kl merupakan konstanta yang bertambah dengan kenaikan massa molekuler yang menunjukkan kekuatan ikatan molekul adsorbat pada permukaan adsorben. (Maslahat *et al*, 2019). Didapatkan bahwa kapasitas adsorpsi maksimum arang aktif batang pisang terhadap zat warna *Remazol Brilliant Blue* sebesar 10,7411 mg/g.

#### 4.5 Aplikasi Arang Aktif terhadap *Remazol Brilliant Blue* (RBB) pada

##### **Limbah Industri Batik**

Arang aktif batang pisang diaplikasikan pada limbah industri batik Bogor dengan kondisi pH, waktu kontak dan bobot optimum adsorben. Berdasarkan Tabel 8 ditunjukkan bahwa penggunaan arang aktif batang pisang pada limbah batik

Bogor memberikan hasil yang cukup optimal dalam mengadsorpsi zat warna *remazol brilliant blue*.

Aplikasi arang aktif dilakukan pada 50 mL limbah batik, pH dikondisikan menggunakan HCl hingga pH 8. Adsorpsi dilakukan selama 120 menit dengan bobot arang aktif sebanyak 1,0 gram.

Tabel 7. Hasil Aplikasi Arang Aktif terhadap RBB dalam Limbah Batik Bogor

Arang	Konsentrasi Awal (mg/L)	pH Awal	pH Adsorpsi	Bobot Arang	Konsentrasi Akhir (mg/L)	% Efisiensi
Aktivasi	596,85	9,5	8,02	1,0066	22,15	96,29
Non Aktivasi		9,5	8,01	1,0015	511,33	14,33

Berdasarkan hasil penelitian, diperoleh bahwa efisiensi adsorpsi *Remazol brilliant blue* dengan arang aktif lebih tinggi dibandingkan dengan arang tanpa aktivasi. Hal ini terjadi karena proses aktivasi dapat membuka atau memperbesar pori sehingga luas permukaannya bertambah besar dan berpengaruh terhadap daya adsorpsi (Wulandari, 2015)

Terjadi penurunan konsentrasi zat warna RBB dalam limbah industri batik setelah di adsorpsi arang aktif batang pisang yaitu dari 596,85 mg/L menjadi 22,15 mg/L dengan efisiensi adsorpsi sebesar 96,29%. Hasil ini mendekati hasil penelitian yang telah dilakukan oleh Maslahat *et al* (2019), yang menggunakan TKKS (Tandan Kosong Kelapa Sawit) sebagai bahan arang aktif dalam mengadsorpsi *remazol brilliant blue*. Menurut Maslahat *et al* (2019), limbah cair zat warna *remazol brilliant blue* batik daerah Bogor yang telah diadsorpsi dengan arang aktif TKKS menghasilkan persen efisiensi adsorpsi (%EA) sebesar 97,81% dalam waktu 150 menit.

Berdasarkan penelitian, persen efisiensi adsorpsi yang dihasilkan cukup optimal. Namun, terdapat beberapa kemungkinan faktor yang dapat mempengaruhi hasil diantaranya, pori-pori dari arang aktif hasil sintesis telah tertutupi oleh molekul besar lainnya dari limbah zat warna lain, sehingga hasil adsorpsi tidak terlalu optimal dalam mengadsorpsi zat warna *remazol brilliant blue*. Selain itu, apabila hasil yang diperoleh lebih besar maka kemungkinan lainnya adalah zat warna yang terukur pada spektrofotometer pada panjang gelombang 609,5 nm

bukan hanya zat warna *remazol brilliant blue* melainkan warna biru lain yang juga terdapat pada limbah industri batik Bogor yang digunakan sebagai sampel, sehingga menghasikan persen efesiensi yang besar pula (Maslahat *et al*, 2019).

#### 4.6 Karakteristik Limbah Industri Batik Bogor (PermenLHK No. 16 Tahun 2019)

Karakterisasi limbah industri batik Bogor dilakukan untuk mengetahui hasil pH, suhu, uji warna, *Total Suspended Solid* (TSS), *Chemical Oxygen Demand* (COD), dan *Biochemical Oxygen Demand* (BOD) dari limbah sebelum dan sesudah adsorpsi sesuai dengan PermenLHK No. 16 Tahun 2019 tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Usaha dan/atau Kegiatan Industri Tekstil sehingga dapat diketahui efesiensi adsorpsi arang aktif batang pisang terhadap parameter kualitas limbah industri batik selain terhadap zat warna *Remazol brilliant blue*. Diperoleh hasil karakterisasi limbah industri batik sebelum dan sesudah adsorpsi sebagai berikut:

Tabel 8. Karakterisasi Limbah Batik Sebelum dan Sesudah Adsorpsi

Parameter	Sebelum Adsorpsi	Sesudah Adsorpsi	Baku mutu* PermenLHK	% Efesiensi
pH	9,5	8,37	6 – 9	-
Suhu ( <sup>0</sup> C)	23,6	23,9	-	-
Warna (PtCo)	2146,0	194,3	<200	90,94
TSS (mg/L)	1677,4	38,6	<50	97,70
COD (mg/L)	4111,4	1657,8	<150	59,68
BOD (mg/L)	658,4	304,5	<60	53,75

\*Permen LHK No. 16 tahun 2019

Hasil karakterisasi pH dari limbah industri batik Bogor sebelum adsorpsi adalah 9,5 dan sesudah adsorpsi adalah 8,37. Hal ini dapat disebabkan karena garam basa dari limbah teradsorpsi oleh arang aktif sehingga menyebabkan pH menurun. Bahan kimia yang digunakan saat proses pewarnaan zat warna reaktif adalah NaOH dan Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> (Suliyanthini, 2016). Hasil pH setelah adsorpsi yaitu 8,37 telah memenuhi syarat PermenLHK No. 16 Tahun 2019 yaitu pada rentang 6-9.

Hasil adsorpsi uji warna pada limbah industri batik Bogor menunjukkan efesiensi adsorpsi sebesar 90,94% yaitu dari 2146,0 PtCo menjadi 194,3 PtCo. Hasil ini telah memenuhi syarat PermenLHK No. 16 Tahun 2019 yaitu maksimal 200 PtCo. Meningkatnya efesiensi adsorpsi arang aktif terhadap warna dapat terjadi dikarenakan zat warna mampu menempati pori-pori arang aktif yang kosong sampai kondisi kesetimbang (Khair *et al*, 2021).

Hasil adsorpsi *Total Suspended Solid* (TSS) pada limbah industri batik Bogor menunjukkan efisiensi adsorpsi sebesar 97,70% yaitu dari 1677,4 mg/L menjadi 38,6 mg/L. Hasil ini telah memenuhi syarat PermenLHK No. 16 Tahun 2019 yaitu maksimal 50 mg/L. Penurunan hasil TSS dapat terjadi karena TSS akan bereaksi dengan arang aktif dan membentuk gaya *van der waals* akibat terjadi tarik menarik dari muatan negatif dari arang aktif yang membawa gugus hidroksil  $\text{OH}^-$  dan muatan positif  $\text{H}^+$  dari TSS, dengan demikian koagulan akan terbentuk yang setelah disaring akan terbawa dengan arang aktif (Chairunnisa dan Fuadi, 2023)

Hasil adsorpsi *Chemical Oxygen Demand* (COD) pada limbah industri batik Bogor menunjukkan efisiensi adsorpsi sebesar 59,68% yaitu dari 4111,4 mg/L menjadi 1657,8 mg/L. Hasil ini belum memenuhi syarat PermenLHK No. 16 Tahun 2019 yaitu maksimal 150 mg/L. Hasil COD yang tinggi pada limbah batik dapat disebabkan oleh penggunaan bahan kimia seperti NaOH dan  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  saat proses pewarnaan menggunakan zat warna reaktif (Suliyanthini, 2016).

Hasil adsorpsi *Biochemical Oxygen Demand* (BOD), pada limbah industri batik Bogor menunjukkan efisiensi adsorpsi sebesar 53,75% yaitu dari 658,4 mg/L menjadi 304,5 mg/L. Hasil ini belum memenuhi syarat PermenLHK No. 16 Tahun 2019 yaitu maksimal 60 mg/L. Tingginya kadar BOD disebabkan oleh melimpahnya substrat organik dalam air limbah. Parameter BOD digunakan untuk mengukur aktivitas mikroorganisme dalam penggunaan banyak oksigen terlarut yang bertujuan untuk mendegradasi bahan organik yang melimpah di dalam substrat (Kholisoh *et al.*, 2022). Oksigen yang terdapat dalam air limbah digunakan untuk menguraikan senyawa organik. Hal inilah yang menyebabkan oksigen dalam air limbah lama kelamaan berkurang dan meningkatkan nilai BOD dalam air limbah (Dewi, 2018).

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan, disimpulkan bahwa:

1. Arang aktif batang pisang telah didapatkan dengan hasil karakterisasi SEM menunjukkan perubahan morfologi yaitu pori-pori arang aktif setelah proses aktivasi lebih terbuka, dan dengan hasil karakterisasi FTIR menunjukkan intensitas gugus fungsi (O-H, C≡C, C=O, C=C) yang lebih besar pada arang aktif setelah aktivasi. Hasil uji mutu arang aktif batang pisang telah memenuhi syarat SNI No. 06-3730-1995 untuk parameter kadar air 0,63%, kadar zat menguap 13,30%, kadar karbon 80,67% dan uji daya serap biru metilen 88,65 mg/g.
2. Kondisi optimum adsorpsi arang aktif batang pisang terhadap *Remazol brilliant blue* didapat pada pH 8, waktu kontak 120 menit dan bobot adsorben 1 gram untuk 50 mL limbah.
3. Model isoterm adsorpsi yang cocok untuk adsorpsi *remazol brilliant blue* yaitu isoterm Freundlich dengan  $R^2$  sebesar 0,9606 dan kapasitas adsorpsi maksimum sebesar 10,7411 mg/g.
4. Aplikasi arang aktif batang pisang terhadap zat warna *Remazol brilliant blue* pada limbah industri batik Bogor menghasilkan efisiensi adsorpsi sebesar 96,29% dengan penurunan konsentrasi zat warna dari 596,85 mg/L menjadi 22,15 mg/L.

#### **5.2 Saran**

1. Perlu dilakukan pengolahan limbah selanjutnya untuk menurunkan kadar COD dan BOD pada limbah industri batik Bogor. Misalnya dengan cara melakukan modifikasi pengolahan limbah metode adsorpsi arang aktif batang pisang dan elektrokoagulasi.
2. Penelitian lanjutan dapat dilakukan dengan mengkaji ulang proses pencucian setelah aktivasi kimia menggunakan NaOH untuk mengurangi pembentukan abu saat proses aktivasi fisika sehingga dapat menambah rendemen arang aktif.



## DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, M. dan Khairurrijal. 2009. Review: *Karakterisasi Nanomaterial*. *Jurnal Nanosains dan Nanoteknolog*. Vol. 2. No. 1.
- Aksu, Z., & Tezer, S. 2000. *Equilibrium and Kinetic Modelling of Biosorption of Remazol Black B by Rhizopusarrhizus in A Batch System: Effect of Temperature*. *Process Biochemistry*. Vol. 36, No. 5: 431– 439.
- Al-Kdasi A., Idris A., Saed, dan K., Guan, C.T. 2004. *Treatment Of Textile Wastewater by Advanced Oxidation Processes*. *Global Nest the Int. J.* 6: 222-230.
- Alfarisi, F. 2017. *Sintesis dan Karakteristik Karbon Aktif Dari Tandan Pisang Dengan Menggunakan Aktivator KOH untuk Adsorpsi Fenol*. *Skripsi. Program Studi Kimia*. Universitas Islam Indonesia.
- Alrozi, R., Zaamanhuri, A. N., an Osman, M. S. 2012. *Adsorption of reactive dye Remazol Brilliant Blue R from aqueous solutions by rambutan peel*. *IEEE Symposium on Humanities, Science and Engineering Researches*, 978-1-4673-1310-012.
- American Public Health Association (APHA). 2017. *Standard Methods for The Examination of Water and Waste Water. Color Method 2120-C 23<sup>rd</sup> Edition*. Washington DC: American Public Health.
- American Public Health Association (APHA). 2017. *Standard Methods for The Examination of Water and Waste Water. Biochemical Oxygen Demand Method 5210-B 23<sup>rd</sup> Edition*. Washington DC: American Public Health.
- Anjani R.P, dan T. Koestiari. 2014. *Penentuan Massa Dan Waktu Kontak Optimum Adsorpsi Karbon Granular Sebagai Adsorben Logam Berat Pb (Li) Dengan Pesaing Ion Na<sup>+</sup>*. *Unesa Journal of Chemistry*. Vol. 3, No. 3.
- Arifin Z, D. Irawan, M. Rahim, Dan F. Ramantiya. 2012. *Adsorpsi Zat Warna Direct Black 38 Menggunakan Kitosan Berbasis Limbah Udang Delta Mahakam*. *Sains Dan Terapan Kimia*. Vol.6. No. 1 Hal: 35-45.
- Aris M. 2006. *Pengolahan Limbah Industri Berbasis Logam Dengan Teknologi Elektrokoagulasi Flotasi*. *Skripsi*. Program Studi Ilmu Lingkungan. Universitas Diponegoro. Semarang.
- Atkins P.W. 1999. *Kimia Fisika Jilid II*. Kartohadiprodjo II, penerjemah; Rohhadyan T, editor. Oxford: Oxford University Press. Terjemahan dari: *Physical Chemistry*.

- Aulina, Bella Dwi. 2017. *Proses Adsorpsi Logam Berat Fe dan Mn menggunakan Campuran Karbon Aktif dari Batang Pisang dan Tempurung Kelapa dengan Aktivator  $CaCl_2$* . Politeknik Negeri Sriwijaya. Palembang
- Badan Standarisasi Nasional. 1995. *Arang Aktif Teknis*. SNI 06-3730-1995. BSN. Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. 2009. *Cara Uji Kebutuhan Oksigen Kimiawi (Chemical Oxygen Demand/ COD) dengan Refluks Tertutup secara Spektrofotometri*. SNI 6989.2:2009. BSN. Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. 2019. *Cara Uji Padatan Tersuspensi Total (Total Suspended Solids/TSS) secara Gravimetri*. SNI 6989.3:2019. BSN. Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. 2019. *Cara Uji Derajat Keasaman (pH) dengan menggunakan pH Meter*. SNI 6989.11:2019. BSN. Jakarta.
- Bokau, N. S. 2014. *Sintesis Membran Kitosan Termodifikasi Silika Abu Sekam Padi untuk Proses Dekolorisasi*. *Indonesian Journal of Chemical Science*. Vol 3, No.1: 42-49.
- Chairunnisa, Z. N. Fuadi, A. M. 2023. *Efektivitas Adsorben Karbon Aktif Dari Tempurung Kelapa Untuk Pengolahan Limbah Cair Pabrik Tahu*. *Inovasi Teknik Kimia*. Vol.8, No.1: 17-25.
- Dachriyanus. 2004. *Analisis Struktur Senyawa Organik Secara Spektroskopi*. Padang: Lembaga Pengembangan Teknologi Informasi dan Komunikasi (LPTIK) Universitas Andalas (Hal: 24-27).
- Dewi, R. T. Y. 2018. *Penurunan Kadar Bod, Cod, Tss Dan Warna Pada Limbah Industri Batik Kampung Batik Giriloyo Menggunakan Reaktor Kombinasi Anaerob-Aerob Dengan Sistem Batch*. *Skripsi*. Program Studi Teknik Lingkungan, Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
- Erprihana A.A dan Dhoni H. 2014. *Pembuatan Karbon Aktif dari Kulit Jeruk Keprok (Citrus Reticulata) untuk Adsorpsi Pewarna Remazol Brilliant Blue*. *36 Jurnal Bahan Alam Terbarukan*. Vol 3, Edisi 2. Prodi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang. Semarang.
- Girão, A. V., Caputo, G., & Ferro, M. C. 2017. *Application of Scanning Electron Microscopy–Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy (SEM-EDS)*. *Comprehensive Analytical Chemistry, University of Aveiro, Portugal*. Vol. 75, Chapter 6: 153-166.
- Hidayah, Nur, dkk. 2012. *Adsorpsi Logam Besi (Fe) Sungai Barito Menggunakan Adsorben Dari Batang Pisang*. *Konversi, Volume 1 No. 1*. Surabaya: Teknik Kimia ITS.

- 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 Seni dan Sains ITS*, 5(2):134-136.
- Khair, R.M, dkk. 2021. *Penurunan Konsentrasi Warna Limbah Cair Sasirangan Menggunakan Adsorben Limbah Padat Lumpur Aktif Teraktivasi Industri Karet*. *Jukung Jurnal Teknik Lingkungan*. 7(1):74-83.
- Kholisoh, S. Wulandari, I. Iryani, A. Sutanto. Warnasih, S. 2022. *Characterization of Batik Industrial Wastewater in Bogor City*. *Helium: Journal of Science and Applied Chemistry*. Volume 02 Number 01: 20-24.
- Krismayanti, N. P. A, dkk. 2019. *Sintesis Arang Aktif Dari Limbah Batang Bambu Dengan Aktivator Naoh Sebagai Adsorben Ion Krom (III) Dan Timbal (II)*. *Cakra Kimia (Indonesian E-Journal of Applied Chemistry)*. Volume 7 Nomor 2 : 189-197.
- Kurniawan M.W. P. Purwanto, dan S. Sudarno. 2013. *Strategi Pengelolaan Air Limbah Sentra Umkm Batik yang Berkelanjutan di Kabupaten Sukoharjo*. *Jurnal Ilmu Lingkungan*. Volume 11 Issue 2: 62 -72 (2013). ISSN 1829-8907.
- Laos, L. E. Masturi. Yulianti, I. 2016. *Pengaruh Suhu Aktivasi Terhadap Daya Serap Karbon Aktif Kulit Kemiri*. *Prosiding Seminar Nasional Fisika*. Volume V, Oktober 2016: 135-140.
- Lazulva, dkk. 2013. *Uji Kualitas Karbon Aktif Dari Kulit Ubi Kayu (Manihot Escuenta Crantz)*. *Jurnal Photon*. Vol. 3 No.2:33-37.
- Lempang M. 2014. *Pembuatan Dan Kegunaan Arang Aktif*. *Info Teknis Eboni*. Vol. 11 No. 2: 65 – 80. Balai Penelitian Kehutanan Makassar.
- Lestari, D. 2022. *Preparasi Karbon Aktif Kulit Durian dengan Aktivarot NaOH serta Penyerapannya terhadap Logam Berat Pb(II)*. *Chemistry Journal of Universitas Negeri Padang*. Vol. 11 No. 2: 50-55.
- Maghfiroh L. 2016. *Adsorpsi Zat Warna Tekstil Remazol Brilliant Blue menggunakan Zeolit yang Disintesis dari Abu Layang Batubara*. *Skripsi*. Jurusan Kimia Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Semarang. Semarang.
- Mahmoud, A. S., 2007, *Influence of Temperature and pH on the Stability and Colorimetric Measurement of Textille Dyes*, *American Journal of Biotechnology and Biochemistry*. Vol 3: 33-41.
- Maslahat, M. Arrisujaya, D. Dwianisa, N. 2019. *Karbon Aktif Tandan Kosong Kelapa Sawit sebagai Penyerap Remazol Brilliant Blue dalam Limbah*

*Industri Batik Bogor. Seminar Nasional Kimia 2019, Jurusan Kimia Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Sunan Gunung Djati Bandung. Jilid 2019, Hal. 23-31.*

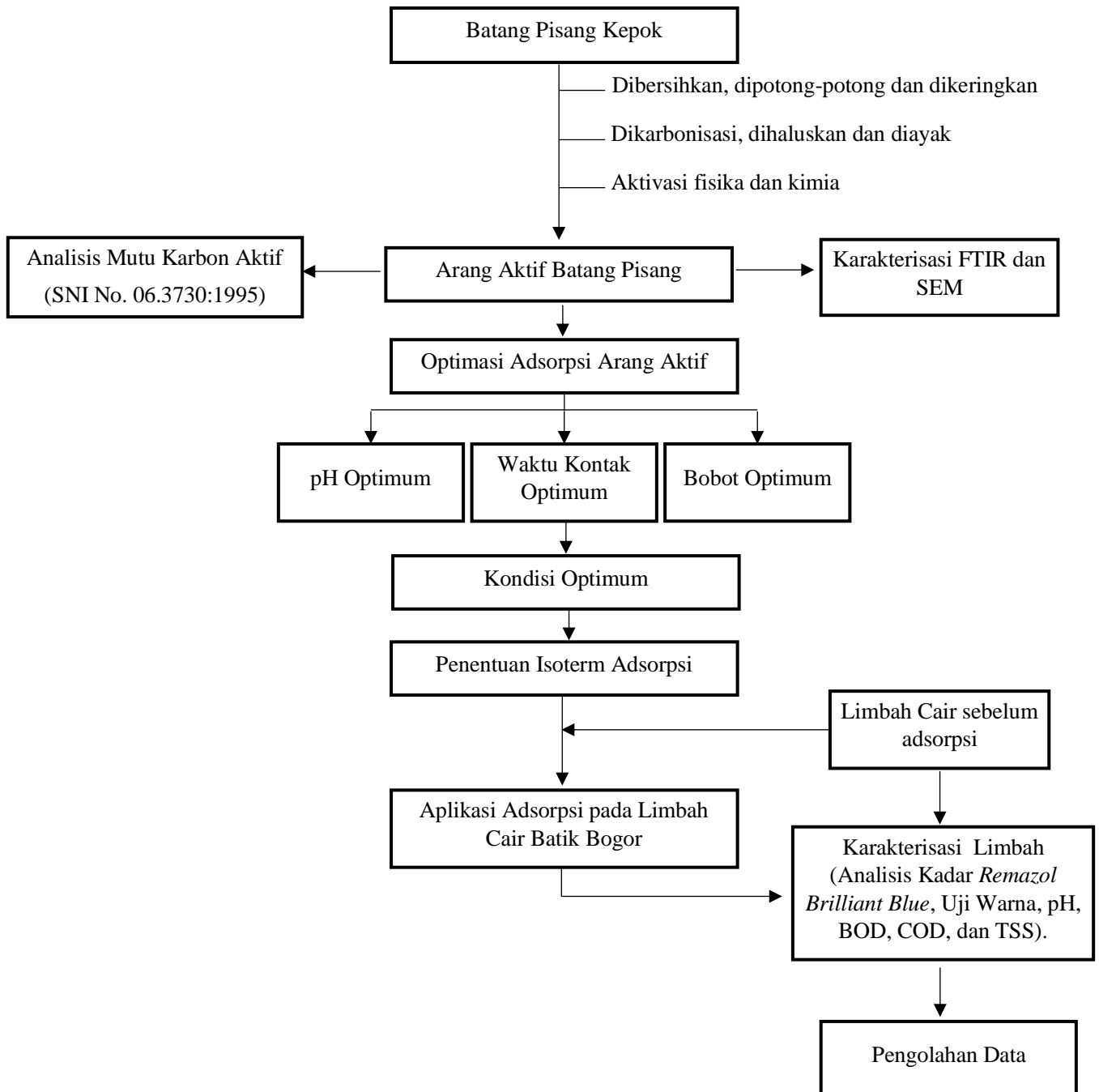
- Masruhin. 2018. *Penjerapan Logam Berat Timbal (Pb) Dengan Menggunakan Lignin Hasil Isolasi Jerami Padi. Journal of Chemical Process Engineering. Vol. 03 No. 01: 11-20.*
- Melani. A., Atikah., Arjeni, R., Robiah. 2022. *Pengaruh Volume Pelarut Naoh Dan Temperatur Pemasakan Pulp Dari Pelepah Pisang Klutuk. Distilasi, Vol.7, No.1. Hal. 18-27.*
- Mentari A.V., Handika Gewa., Maulina Seri. 2018. *Perbandingan Gugus Fungsi Dan Morfologi Permukaan Karbon Aktif Dari Pelepah Kelapa Sawit Menggunakan Aktivator Asam Fosfat ( $H_3SO_4$ ) Dan Asam Nitrat ( $HNO_3$ ). Teknik Kimia, Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara. Vol.7, No 1, Maret 2018.*
- Misran, Erni., Bani, Okta., Situmeang, E. M., Purba, A.S. 2021. *Banana stem based activated carbon as a low-cost adsorbent for methylene blue removal: Isotherm, kinetics, and reusability. Alecandria Engineering Journal, Teknik Kimia, Universitas Sumatera Utara. Vol.61, Hal. 1946-1955.*
- Mohapatra, D., Mishra, S., Sutar, N. 2010. *Banana and its by-product utilisation: an overview. Journal of Scientific & Research Vol. 69, May 2010, pp. 323-329.*
- Mufrodi, Z., N. Widiastuti., dan R. C. Kardika. 2008. *Adsorpsi Zat Warna Tekstil dengan Menggunakan Abu Terbang (Fly Ash) untuk Variasi Massa Adsorben dan Suhu Operasi. Jurnal. Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri Universitas Ahmad Dahlan.*
- Ningrum, LP., Lusiana, RA., dan Nuryanto, R.. 2008. *Dekolorisasi Remazol Brilliant Blue Dengan Menggunakan Karbon Aktif, Seminar Tugas Akhir S1, Fakultas Mipa, Universitas Diponegoro, Semarang.*
- Nirmasari, A. D., Didik S. W., dan Abdul H. 2008. *Dekolorisasi pH terhadap Elektrokolorisasi Zat Warna Remazol Black B dengan Elektroda  $PbO_2$ . Semarang: Laboratorium Kimia Analitik Jurusan Kimia FMIPA Undip.*
- Noorikhlas, F., Widodo, dan Ismiyanto. 2008. *Analisis Produk Elektrodetruksi Senyawa Penyusun Limbah Batik: Elektrolisis Larutan Remazol Black B. Jurnal Kimia. Semarang: Laboratorium Kimia Analitik Jurusan Kimia FMIPA Undip.*
- Nuraeni, D. Hadisantoso, E. P. Suhendar, D. 2017. *Adsorpsi Ion Logam  $Mn^{2+}$  dan  $Cu^{2+}$  oleh Silika Gel dari Abu Ampas Tebu. Al-Kimiya, Vol.4, No.2, Hal. 70-80.*

- Permenlhk RI 2019, *Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan RI Nomor P.16/Menlhk/Setjen/Kum.1/4/2019 tentang Perubahan Kedua atas Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2014 Tentang Baku Mutu Air Limbah.*
- Pine, A. T. D. Base, N. H. Angelina, J.B. 2021. *Produksi Dan Karakterisasi Serbuk Selulosa Dari Batang Pisang (Musa paradisiaca L.). Jurnal Kesehatan Yamasi Makassar. Vol.5, No.2, pp 115-120.*
- Putri, D. L. L. 2012. *Preparasi Zeolit A dari Abu Layang Batubara Sebagai Adsorben Ni(II) dan Zn(II). Skripsi.* Bogor: Departemen Kimia FMIPA Institut Pertanian Bogor.
- Rahman, H., 2006. *Pembuatan Pulp dari Batang Pisang Uter (Musa paradisiaca Linn. var uter) Pascapanen dengan Proses Soda. [Skripsi]* Fakultas Kehutanan. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.
- Rahmawati, F. 2022. *Karakterisasi Dan Optimasi Karbon Aktif Batang Pisang Kepok Terhadap Logam Besi (Fe) Dalam Air Sumur. Skripsi.* Program Studi Kimia Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Pakuan. Bogor.
- Sastrawijaya A. T. 2009. *Pencemaran Lingkungan.* Rineka Cipta. Jakarta.
- Setyaningtyas, T. & Roy A. 2007. *Penurunan Kadar Zat Warna Rodamin B Menggunakan Humin Hasil Isolasi dari Tanah Hutan Damar Batu Raden. Molekul, Fakultas Sains dan Teknik, UNSOED, Purwokerto. Vol. 2, No. 2: 71-78.*
- Sigmaaldrich.com. 2022. *Remazol Brilliant Blue R.*  
<https://www.sigmaaldrich.com/ID/en/product/sigma/r8001>. Diakses pada 10 Juni 2022 pukul 21:40.
- Suhardi. 2002. *Hutan dan Kebun Sebagai Sumber Pangan Nasional.* Kanisius 2002.
- Suliyanthini, Dewi. 2016. *Ilmu Tekstil.* Jakarta: Rajawali Pers.
- Sumarni. 2012. *Adsorpsi Zat Warna dan Zat Padat Tersuspensi dalam Limbah Cair Batik. Prosiding Seminar Nasional Aplikasi Sains & Teknologi (SNAST) Periode III.* 3 November 2012. Yogyakarta.
- Supraptiningsih. 2012. *Pengaruh Serbuk Serat Batang Pisang Sebagai Filler Terhadap Sifat Mekanis Komposit PVC – CaCO<sub>3</sub>.* Yogyakarta: Balai Besar Industri Kulit.
- Supratman, U. 2010. *Equilibrium Penentuan Senyawa Organik.* Padjajaran. Bandung.

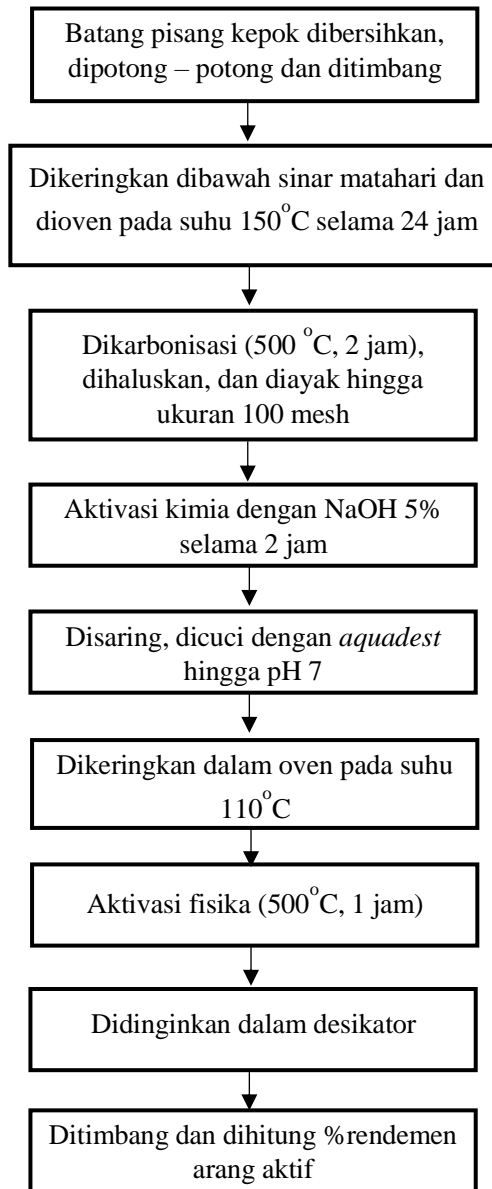
- Suprihatin H. 2014. *Kandungan Organik Limbah Cair Industri Batik Jetis Sidoarjo dan Alternatif Pengolahannya*. *Jurnal Teknik Lingkungan*. Pusat Penelitian Lingkungan Hidup. Universitas Riau.
- Sutanto. Warnasih, S. Mulyati, A, H. Intan, Y, M. 2021. *Application of Continuous System Electrocoagulation Method for Textile Industry Wastewater Treatment*. *Journal of Physics: Conference Series 1882 012111*. IOP Publishing.
- Suteu, D., & Bilba D., 2005. *Equilibrium and Kinetic Study of Reactive Dye Brilliant Red HE-3B Adsorption by Activated Charcoal*. *Department of Analytical Chemistry*. Tehnical University of Lasi, Romania.
- Suziyana, S., Daud, S. HS Edward. 2017. *Pengaruh Massa Adsorben Batang Pisang dan Waktu Kontak Adsorpsi terhadap Efisiensi Penyisihan Fe dan Kapasitas Adsorpsi pada Pengolahan Air Gambut*. Diss. Riau University.
- Syahrir, I., Samosir, D., Destarini, N.A., dan Bariah. 2020. *Pemanfaatan Limbah Batang Pisang (Musa Paradisiaca L) Sebagai Arang Aktif Melalui Proses Aktivasi Menggunakan Aktivator NaOH*. *Prosiding 4<sup>th</sup> Seminar Nasional Penelitian & Pengabdian Kepada Masyarakat*. Prodi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Politeknik Negeri Samarinda. Samarinda.
- Taryana M. 2002. *Arang Aktif (Pengenalan dan Proses Pembuatannya)*. Skripsi. Fakultas Teknik, Universitas Sumatera Utara, Medan.
- Wibowo, Santiyo. Syafi, Wasrin. Pari, Gustan. 2011. *Karakterisasi Permukaan Arang Aktif Tempurung Biji Nyamplung*. *Makara, Teknologi* Vol. 15, No.1 :17 – 24.
- Widayana, S., Kurniawati, I., Susilowati, S. 2022. *Pemanfaatan Limbah Kulit Pisang Kepok Sebagai Bioadsorben pada Penurunan Warna Minyak Bekas Penggorengan*. *Jurnal Pendidikan Tambusai*. Vol. 6 No. 2:10191-10202.
- Yulianti, Agi, dkk. 2010. *Pembuatan Arang Aktif Tempurung Kelapa Sawit untuk Pemucatan Minyak Goreng Sisa Pakai*. *Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi*. Volume 13 Nomor 2: 36-40.

## LAMPIRAN

Lampiran 1. Bagan Alir Tahapan Penelitian

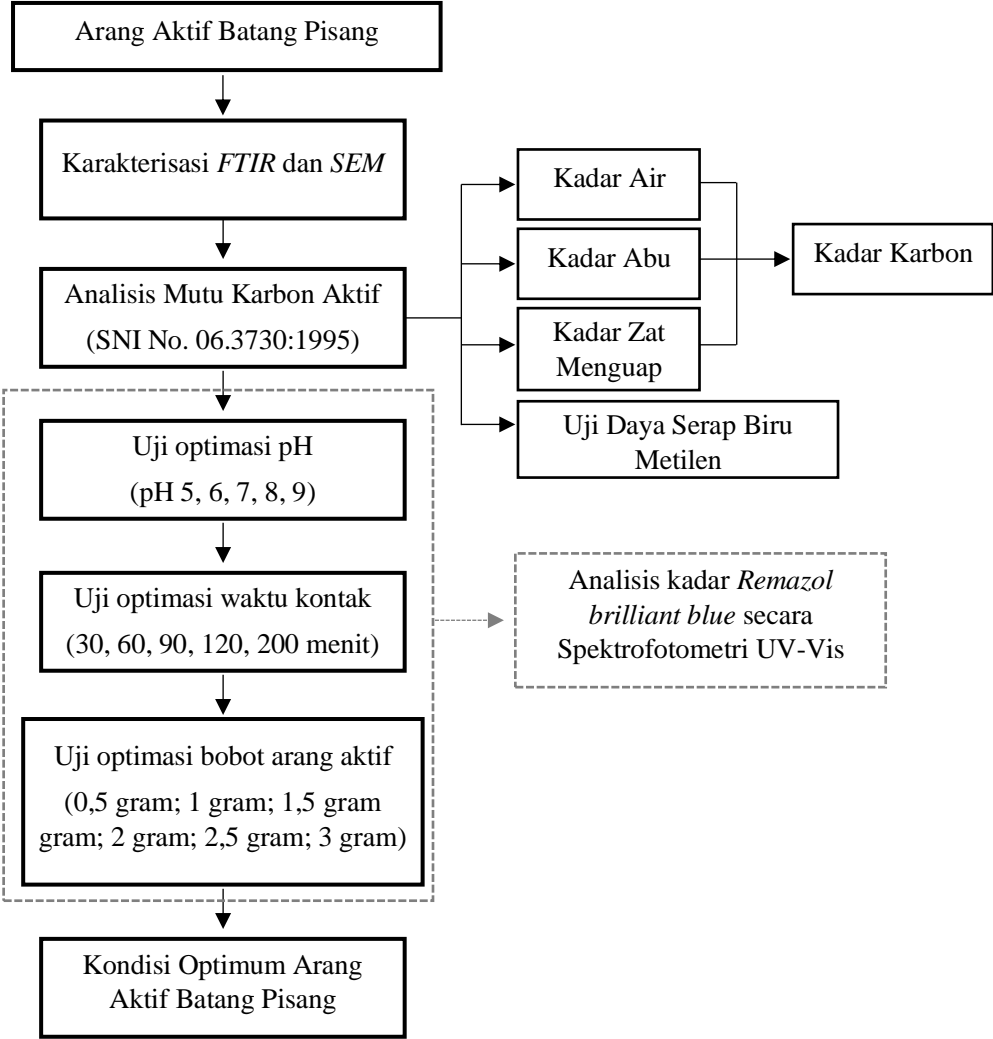


## Lampiran 2. Bagan Alir Pembuatan Arang Aktif

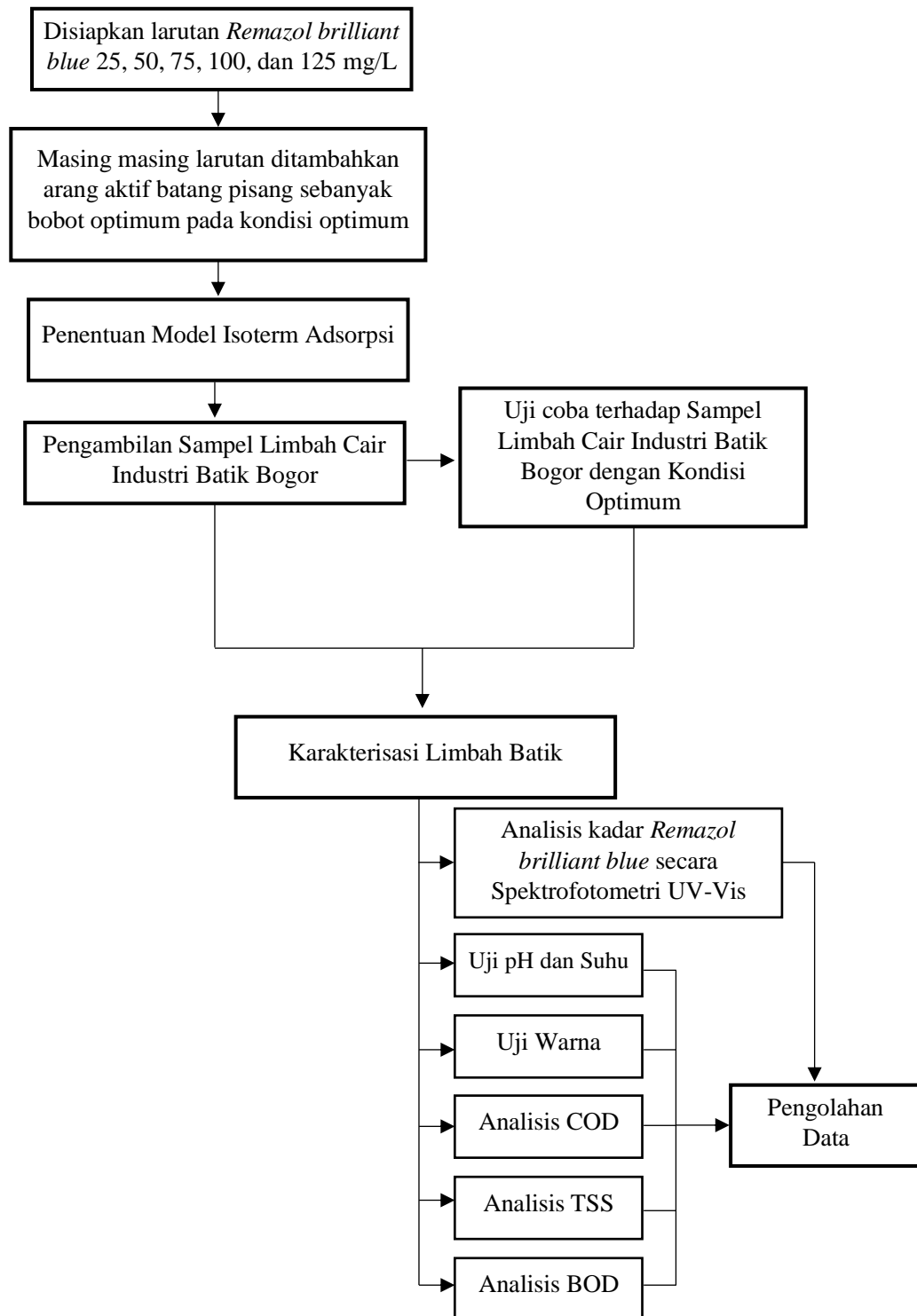




Lampiran 3. Bagan Alir Karakterisasi dan Optimasi Arang Aktif

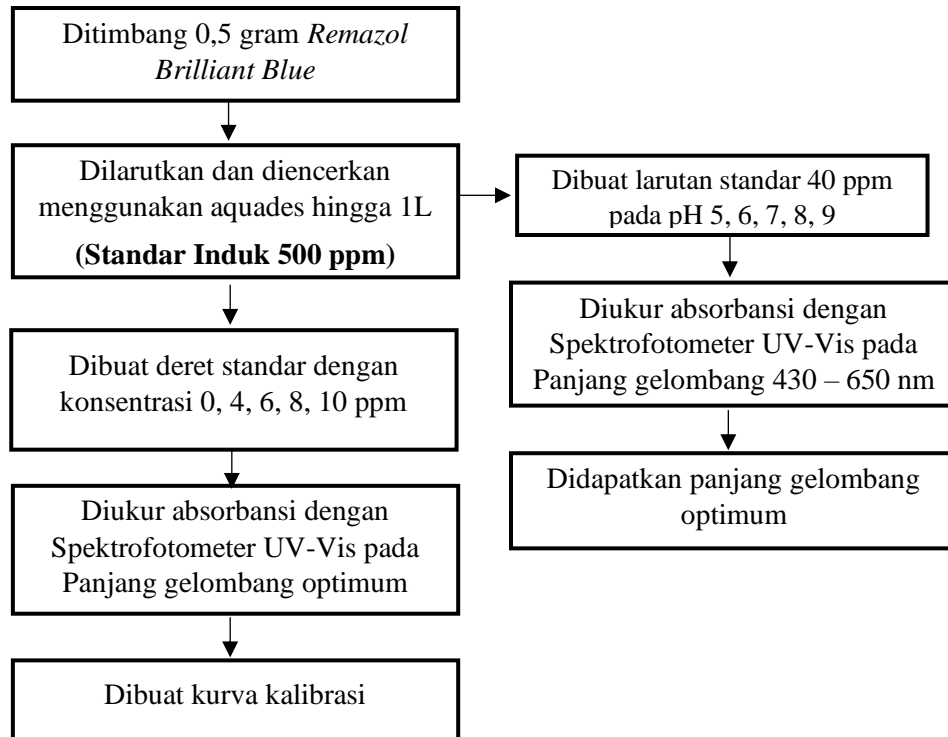


Lampiran 4. Bagan Alir Penentuan Model Isoterm Adsorpsi, Aplikasi Arang Aktif terhadap Limbah Cair Industri Batik Bogor dan Karakterisasi Limbah Batik

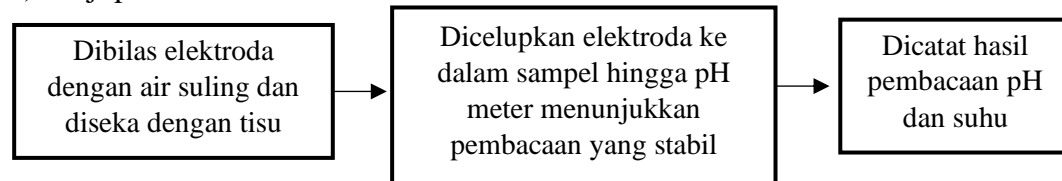


Lampiran 5. Bagan Alir Karakterisasi Limbah Industri Batik

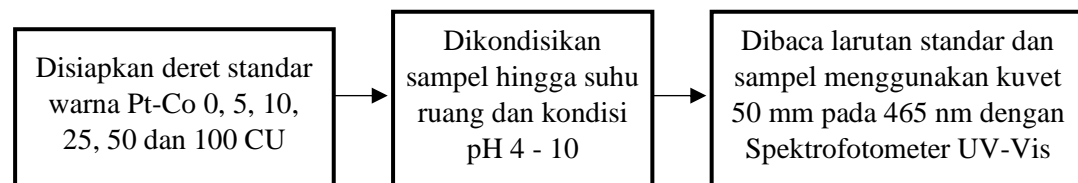
1) Analisis kadar *Remazol brilliant blue* secara Spektrofotometri UV-Vis



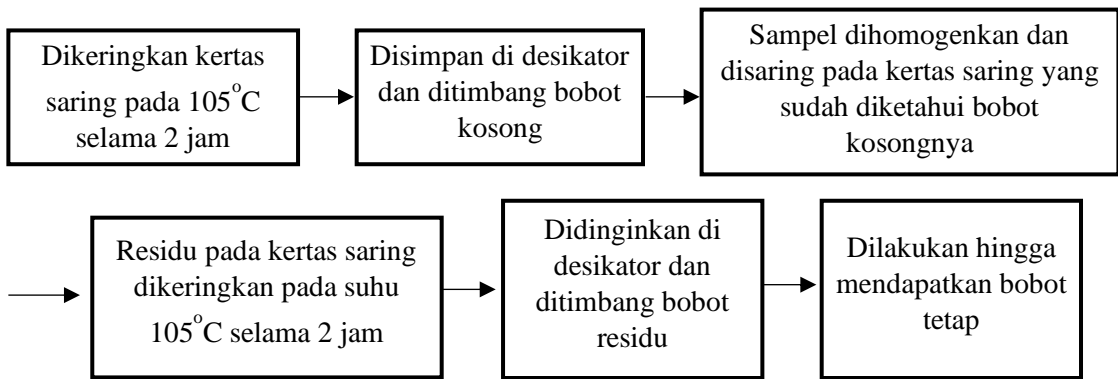
2) Uji pH dan suhu



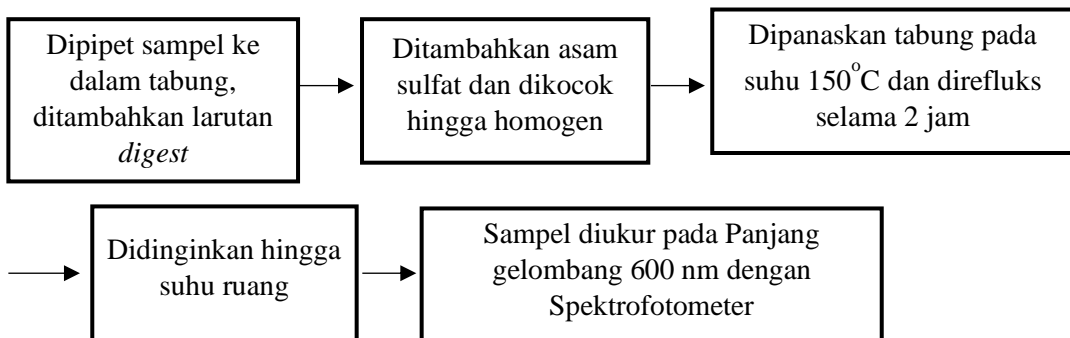
3) Uji Warna secara Spektrofotometri UV-Vis



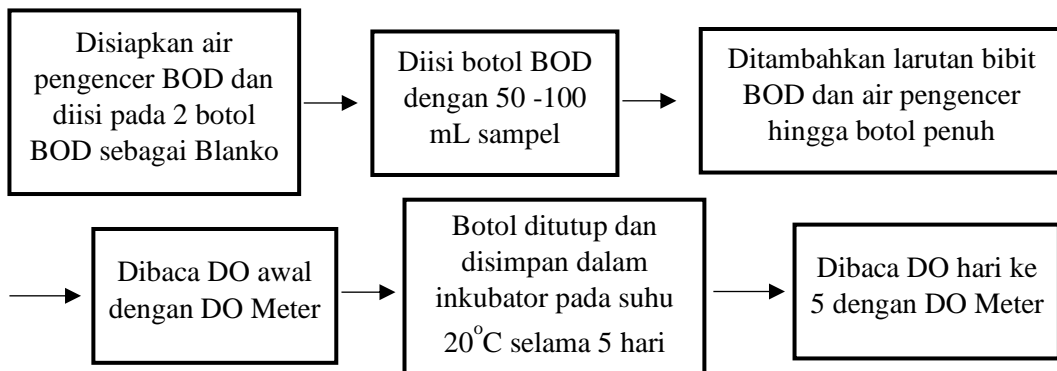
5) Analisis *Total Suspended Solid* (TSS)



6) Analisis *Chemical Oxygen Demand* (COD)



7) Analisis *Biochemical Oxygen Demand* (BOD)



Lampiran 6. Standar Mutu Arang Aktif Teknis Menurut SNI No. 06.3730:1995

Parameter	Persyaratan Kualitas	
	Butiran	Serbuk
Kadar zat menguap pada pemanasan 950 °C	Maks. 15%	Maks. 25%
Kadar Air	Maks. 4,5%	Maks. 15%
Kadar Abu	Maks. 2,5%	Maks. 10%
Bagian yang tiak mengarang	0	0
Daya serap terhadap I <sub>2</sub>	Min. 750 mg/g	Min. 750 mg/g
Karbon aktif murni	Min. 80%	Min. 60%
Daya serap terhadap benzene	Min. 25%	-
Daya serap terhadap metilen biru	Min. 60 mg/g	Min. 120 mg/g
Berat jenis curah	0,45-0,55 g/mL	0,3-0,35 g/mL
Lolos mesh 325	-	Min. 90%
Jarak mesh	90%	-
Kekerasan	80%	-

Lampiran 7. Baku Mutu Air Limbah Bagi Usaha dan/atau Kegiatan Industri Tekstil Menurut PermenLHK No. 16 Tahun 2019

Debit	Warna	pH	BOD	COD	TSS
≤ 100	200	6 – 9	60	150	50
100 < x < 1000	200	6 – 9	45	125	40
≥ 1000	200	6 – 9	35	115	30
m <sup>3</sup> /hari	Pt-Co		mg/L	mg/L	mg/L

Keterangan:

Pt-Co : True colour

## Lampiran 8. Data Perhitungan

### 8.1 % Rendemen Arang Aktif

Bobot Batang Pisang Sebelum Dikeringkan = 27,3 kg = 27300 gram

Bobot Batang Pisang Sesudah Dikeringkan = 1,8 kg = 1800 gram

Bobot Arang Sebelum Aktivasi = 558 gram

Bobot Arang Sesudah Aktivasi = 517 gram

$$\%Kadar\ Air\ Batang\ Pisang = \frac{(27,3\ kg - 1,8\ kg)}{27,3\ kg} \times 100\% = 93,41\%$$

$$\%Rendemen\ Batang\ Pisang = \frac{517\ gram}{27300\ gram} \times 100\% = 1,89\%$$

### 8.2 Uji Standar Mutu Arang Aktif (SNI 06-3730-1995)

#### 8.2.1 Kadar Air

Sampel	Bobot Arang Aktif	Bobot Cawan+Sampel Sebelum Pemanasan	Bobot Cawan+Sampel Sesudah Pemanasan	% Kadar Air
1	1,0011	26,3048	26,2985	0,629
2	1,0101	26,3707	26,3644	0,624
Rata - Rata				0,63

$$\begin{aligned}\%Kadar\ Air &= \frac{(\text{Bobot Sebelum (g)} - \text{Bobot Sesudah (g)})}{\text{Bobot Arang Aktif (g)}} \times 100\% \\ &= \frac{(26,3048\ \text{gram} - 26,2985\ \text{gram})}{1,0011\ \text{gram}} \times 100\% = 0,629\%\end{aligned}$$

#### 8.2.2 Kadar Abu

Sampel	Bobot Arang Aktif	Bobot Cawan Porselen Kosong	Bobot Cawan Porselen Sesudah Pemanasan	% Kadar Abu
1	1,0130	26,4319	26,4870	5,439
2	1,0087	26,3645	26,4188	5,383
Rata - Rata				5,41

$$\%Kadar\ Abu = \frac{(\text{Bobot Sesudah (g)} - \text{Bobot Sebelum (g)})}{\text{Bobot Arang Aktif (g)}} \times 100\%$$

$$= \frac{(26,4870 \text{ gram} - 26,4319 \text{ gram})}{1,0130 \text{ gram}} \times 100\% = 5,439\%$$

### 8.2.3 Kadar Zat Menguap

Sampel	Bobot Arang Aktif	Bobot Cawan Porselen Kosong	Bobot Cawan Sesudah Pemanasan	Bobot Residu	% Kadar Zat Menguap
1	1,0009	26,7512	27,6160	0,8648	13,598
2	1,0013	23,7986	24,6698	0,8712	12,993
				Rata - Rata	13,30

$$\begin{aligned} \%Zat \text{ Menguap} &= \frac{(\text{Bobot Arang Aktif (g)} - \text{Bobot Residu (g)})}{\text{Bobot Arang Aktif (g)}} \times 100\% \\ &= \frac{(1,0009 \text{ gram} - 0,8648 \text{ gram})}{1,0009 \text{ gram}} \times 100\% = 13,598\% \end{aligned}$$

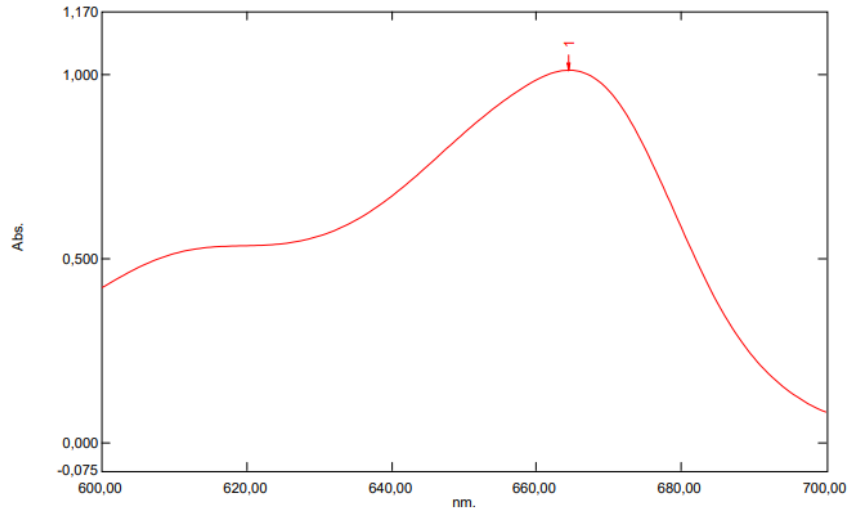
### 8.2.4 Kadar Karbon

Sampel	Kadar Air (%)	Kadar Abu (%)	Kadar Zat Menguap (%)	Kadar Karbon (%)
1	0,629	5,439	13,598	80,33
2	0,624	5,383	12,993	81,00
			Rata - Rata	80,67

$$\begin{aligned} \%Karbon &= 100 - (\text{kadar air} + \text{kadar abu} + \text{kadar zat menguap}) \% \\ &= 100\% - (0,629 + 5,439 + 13,598)\% \\ &= 80,33\% \end{aligned}$$

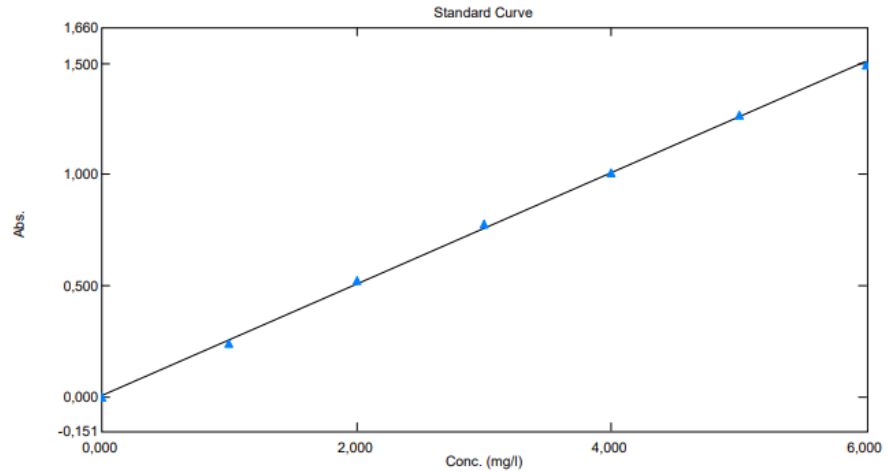
## 8.2.5 Uji Daya Serap Biru Metilen

### a. Panjang Gelombang Maksimum Biru Metilen



No.	P/V	Wavelength	Abs.	Description
1	●	664.50	1.011	

### b. Kurva Kalibrasi Biru Metilen



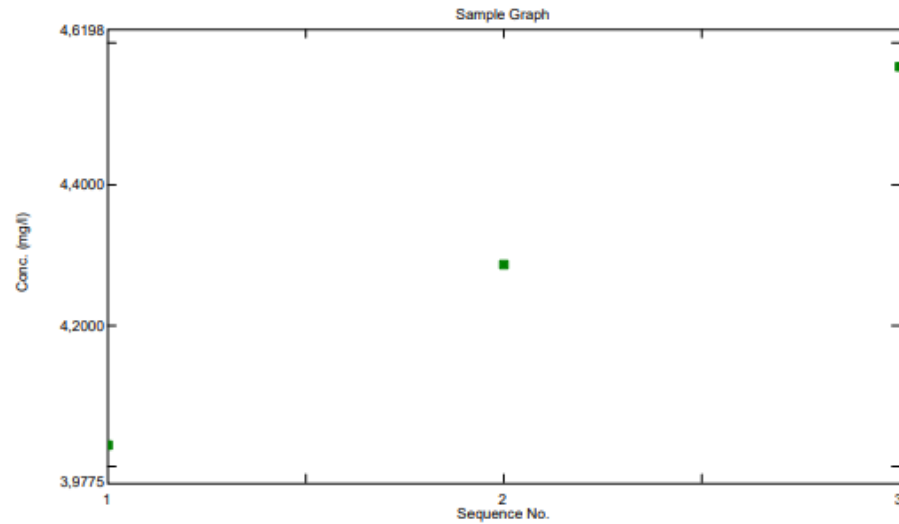
$y = 0.250706x + 0.00653490$   
 $r^2 = 0.99934$

Standard Table

	Sample ID	Type	Ex	Conc	WL664,0	Wgt.Factor	Comments
1	Blank	Standard		0.000	-0.000	1.000	
2	Std1ppm	Standard		1.000	0.242	1.000	
3	Std2ppm	Standard		2.000	0.521	1.000	
4	Std3ppm	Standard		3.000	0.777	1.000	
5	Std4ppm	Standard		4.000	1.008	1.000	
6	Std5ppm	Standard		5.000	1.268	1.000	
7	Std6ppm	Standard		6.000	1.494	1.000	
8							



c. Uji Daya Serap Biru Metilen



	Sample ID	Type	Ex	Conc	WL664,0	Comments
1	simplo	Unknown		4.0310	1.0171	
2	duplo	Unknown		4.2871	1.0813	
3	triplo	Unknown		4.5662	1.1513	
4						

Sampel	Bobot Arang Aktif (g)	V Biru Metilen (L)	Ca (mg/L)	Cb (mg/L)	Q (mg/g)
1	0,1077	0,1	100	4,0310	89,1077
2	0,1090	0,1	100	4,2871	87,8100
3	0,1072	0,1	100	4,5662	89,0241
Rata - Rata					88,65

$$\begin{aligned}
 \text{Kapasitas Adsorpsi (Q) (mg/g)} &= \frac{V \times (Ca - Cb)}{W} \\
 &= \frac{0,1L \times (100 - 4,0310)mg/L}{0,1077 \text{ gram}} \\
 &= 89,11 \text{ mg/g}
 \end{aligned}$$

Keterangan : V = Volume biru metilen (L)

Ca = Konsentrasi awal biru metilen (mg/L)

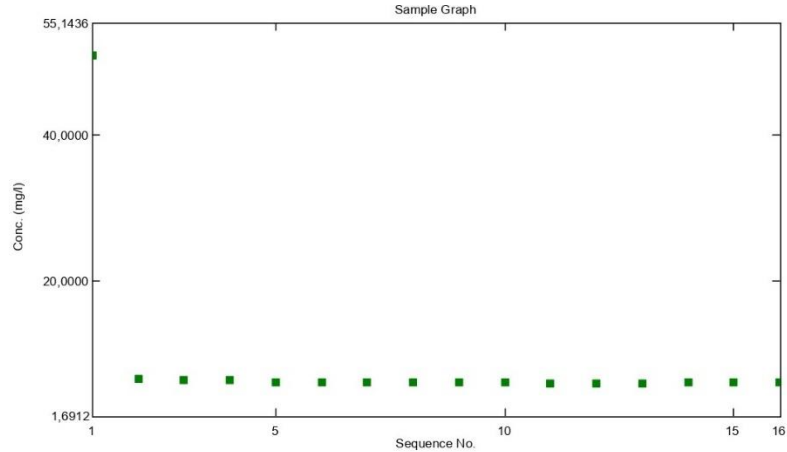
Cb = Konsentrasi akhir biru metilen (mg/L)

W = Bobot sampel (g)

## Lampiran 9. Optimasi Kondisi Adsorpsi Arang Aktif

### 9.1 Optimasi Kondisi pH

#### 9.1.1 Pengukuran Optimasi pH dengan Spektrofotometer UV-Vis



Sample ID	Type	Ex	Conc	WL609,5	Comments
1	50ppm		50.6892	0.5834	
2	pH5_1		6.2570	0.0722	
3	pH5_2		6.2981	0.0727	
4	pH5_3		6.2769	0.0725	
5	pH6_1		6.2517	0.0722	
6	pH6_2		6.2556	0.0722	
7	pH6_3		6.2503	0.0722	
8	pH7_1		6.2159	0.0718	
9	pH7_2		6.2092	0.0717	
10	pH7_3		6.2132	0.0717	
11	pH8_1		6.1456	0.0710	
12	pH8_2		6.1522	0.0710	
13	pH8_3		6.1482	0.0710	
14	pH9_1		6.6310	0.0765	
15	pH9_2		6.5660	0.0758	
16	pH9_3		6.5793	0.0759	
17					

#### 9.1.2 Penentuan pH Optimum Adsorpsi

Variasi pH	Bobot Arang (g)	Rata-Rata (g)	Konsentrasi Akhir (mg/L) (Ce)	Konsentrasi Terserap (mg/L) (C)	Rata - Rata C (g)	Q (mg/g)	% Efisiensi
5	1,0021	1,0014	6,2570	44,4322	44,4119	2,2174	87,62
	1,0013		6,2981	44,3911			
	1,0009		6,2769	44,4123			
6	1,0023	1,0013	6,2517	44,4375	44,4367	2,2190	87,66
	1,0002		6,2556	44,4336			
	1,0013		6,2503	44,4389			
7	1,0012	1,0012	6,2159	44,4733	44,4764	2,2212	87,74
	1,0015		6,2092	44,4800			
	1,0008		6,2132	44,4760			
<b>8</b>	<b>1,0007</b>	<b>1,0007</b>	<b>6,1456</b>	<b>44,5436</b>	<b>44,5405</b>	<b>2,2254</b>	<b>87,87</b>
	<b>1,0010</b>		<b>6,1522</b>	<b>44,5370</b>			
	<b>1,0005</b>		<b>6,1482</b>	<b>44,5410</b>			
9	1,0020	1,0014	6,6310	44,0582	44,0971	2,2017	87,00
	1,0006		6,5660	44,1232			
	1,0017		6,5793	44,1099			

### 9.1.3 Perhitungan Kapasitas dan Efisiensi Adsorpsi

Konsentrasi awal larutan *Remazol Brilliant Blue* (RBB) = 50,6892 mg/L

Volume larutan RBB = 50 mL = 0,05 L

Contoh Perhitungan :

- a. Konsentrasi RBB yang terserap (C)

$$C = 50,6892 \text{ mg/L} - 6,1456 \text{ mg/L} = 44,5436 \text{ mg/L}$$

- b. Kapasitas serap terhadap RBB (Q)

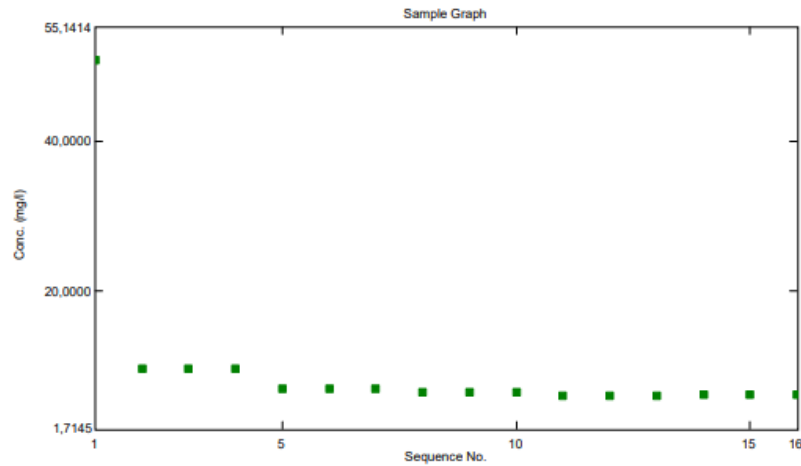
$$Q = \frac{44,5436 \text{ mg/L}}{1,0007 \text{ g}} \times 0,05 \text{ L} = 2,2254 \text{ mg/g}$$

- c. % Efisiensi Adsorpsi (EA)

$$\%EA = \frac{44,5436 \text{ mg/L}}{50,6892 \text{ mg/L}} \times 100\% = 87,87\%$$

## 9.2 Optimasi Kondisi Waktu Kontak

### 9.2.1 Pengukuran Optimasi Waktu Kontak dengan Spektrofotometer UV-Vis



Sample ID	Type	Ex	Conc	WL609,5	Comments
1	50ppm	Unknown	50.6892	0.5834	
2	30menit_1	Unknown	9.7494	0.1124	
3	30menit_2	Unknown	9.7468	0.1124	
4	30menit_3	Unknown	9.6380	0.1111	
5	60menit_1	Unknown	6.9838	0.0806	
6	60menit_2	Unknown	6.9785	0.0805	
7	60menit_3	Unknown	6.9799	0.0806	
8	90menit_1	Unknown	6.5488	0.0756	
9	90menit_2	Unknown	6.5660	0.0758	
10	90menit_3	Unknown	6.5567	0.0757	
11	120menit_1	Unknown	6.1694	0.0712	
12	120menit_2	Unknown	6.1787	0.0713	
13	120menit_3	Unknown	6.1668	0.0712	
14	200menit_1	Unknown	6.2265	0.0719	
15	200menit_2	Unknown	6.2105	0.0717	
16	200menit_3	Unknown	6.2079	0.0717	
17					

### 9.2.2 Penentuan Waktu Kontak Optimum Adsorpsi

Variasi Waktu	Bobot Arang (g)	Rata-Rata (g)	Konsentrasi Akhir (mg/L) (Ce)	Konsentrasi Terserap (mg/L) (C)	Rata - Rata C (g)	Q (mg/g)	% Efisiensi
30	1,0023	1,0021	9,7494	40,9398	40,9778	2,0446	80,84
	1,0019		9,7468	40,9424			
	1,0021		9,6380	41,0512			
60	1,0031	1,0019	6,9838	43,7054	43,7085	2,1812	86,23
	1,0014		6,9785	43,7107			
	1,0013		6,9799	43,7093			
90	1,0023	1,0017	6,5488	44,1404	44,1320	2,2029	87,06
	1,0012		6,5660	44,1232			
	1,0015		6,5567	44,1325			
<b>120</b>	<b>1,0004</b>	<b>1,0008</b>	<b>6,1694</b>	<b>44,5198</b>	<b>44,5176</b>	<b>2,2241</b>	<b>87,82</b>
	<b>1,0012</b>		<b>6,1787</b>	<b>44,5105</b>			
	<b>1,0008</b>		<b>6,1668</b>	<b>44,5224</b>			
200	1,0211	1,0235	6,2265	44,4627	44,4742	2,1727	87,74
	1,0341		6,2105	44,4787			
	1,0152		6,2079	44,4813			

### 9.2.3 Perhitungan Kapasitas dan Efisiensi Adsorpsi

Konsentrasi awal larutan *Remazol Brilliant Blue* (RBB) = 50,6892 mg/L

Volume larutan RBB = 50 mL = 0,05 L

Contoh Perhitungan :

a. Konsentrasi RBB yang terserap (C)

$$C = 50,6892 \text{ mg/L} - 6,1694 \text{ mg/L} = 44,5198 \text{ mg/L}$$

b. Kapasitas serap terhadap RBB (Q)

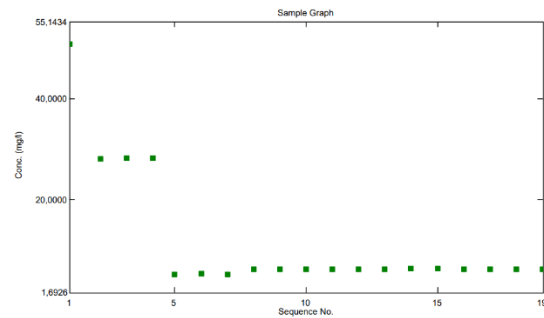
$$Q = \frac{44,5176 \text{ mg/L}}{1,0008 \text{ g}} \times 0,05 \text{ L} = 2,2241 \text{ mg/g}$$

c. % Efisiensi Adsorpsi (EA)

$$\%EA = \frac{44,5176 \text{ mg/L}}{50,6892 \text{ mg/L}} \times 100\% = 87,82\%$$

## 9.3 Optimasi Kondisi Bobot

### 9.3.1 Pengukuran Optimasi Bobot dengan Spektrofotometer UV-Vis



Sample ID	Type	Ex	Conc	WL609.5	Comments
1	50ppm	Unknown	50.6892	0.5834	
2	0.5gram_1	Unknown	28.4956	0.3281	
3	0.5gram_2	Unknown	28.8697	0.3324	
4	0.5gram_3	Unknown	28.9612	0.3334	
5	1gram_1	Unknown	6.0527	0.0699	
6	1gram_2	Unknown	6.0593	0.0700	
7	1gram_3	Unknown	6.1456	0.0710	
8	1.5gram_1	Unknown	6.2159	0.0718	
9	1.5gram_2	Unknown	6.2013	0.0716	
10	1.5gram_3	Unknown	6.2238	0.0719	
11	2gram_1	Unknown	6.2755	0.0724	
12	2gram_2	Unknown	6.2649	0.0723	
13	2gram_3	Unknown	6.2689	0.0724	
14	2.5gram_1	Unknown	6.3233	0.0730	
15	2.5gram_2	Unknown	6.3193	0.0730	
16	2.5gram_3	Unknown	6.3047	0.0728	
17	3gram_1	Unknown	6.3061	0.0728	
18	3gram_2	Unknown	6.2928	0.0726	
19	3gram_3	Unknown	6.2822	0.0725	

### 9.3.2 Penentuan Bobot Optimum Adsorpsi

Variasi Bobot	Bobot Arang (g)	Rata-Rata (g)	Konsentrasi Akhir (mg/L) (Ce)	Konsentrasi Terserap (mg/L) (C)	Rata - Rata C (g)	Q (mg/g)	% Efisiensi
0.5	0,5086	0,5091	28,4956	22,1936	21,9137	2,1521	43,23
	0,5098		28,8697	21,8195			
	0,5090		28,9612	21,7280			
<b>1.0</b>	<b>1,0020</b>	<b>1,0019</b>	<b>6,0527</b>	<b>44,6365</b>	<b>44,6033</b>	<b>2,2259</b>	<b>87,99</b>
	<b>1,0015</b>		<b>6,0593</b>	<b>44,6299</b>			
	<b>1,0023</b>		<b>6,1456</b>	<b>44,5436</b>			
1.5	1,5100	1,5105	6,2159	44,4733	44,4755	1,4722	87,74
	1,5102		6,2013	44,4879			
	1,5112		6,2238	44,4654			
2.0	2,0030	2,0024	6,2755	44,4137	44,4194	1,1092	87,63
	2,0020		6,2649	44,4243			
	2,0021		6,2689	44,4203			
2.5	2,5094	2,5090	6,3233	44,3659	44,3734	0,8843	87,54
	2,5079		6,3193	44,3699			
	2,5096		6,3047	44,3845			
3.0	3,0090	3,0079	6,3061	44,3831	44,3955	0,7380	87,58
	3,0084		6,2928	44,3964			
	3,0064		6,2822	44,4070			

### 9.3.3 Perhitungan Kapasitas dan Efisiensi Adsorpsi

Konsentrasi awal larutan *Remazol Brilliant Blue* (RBB) = 50,6892 mg/L

Volume larutan RBB = 50 mL = 0,05 L

Contoh Perhitungan :

a. Konsentrasi RBB yang terserap (C)

$$C = 50,6892 \text{ mg/L} - 6,0627 \text{ mg/L} = 44,6365 \text{ mg/L}$$

b. Kapasitas serap terhadap RBB (Q)

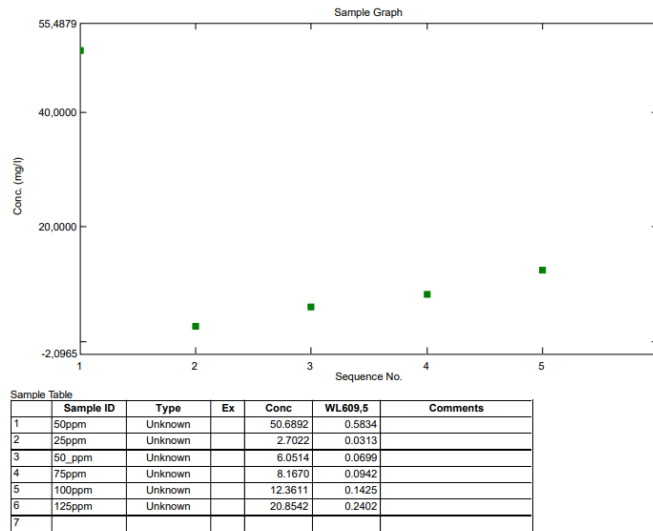
$$Q = \frac{44,6033 \text{ mg/L}}{1,0019 \text{ g}} \times 0,05 \text{ L} = 2,2259 \text{ mg/g}$$

c. % Efisiensi Adsorpsi (EA)

$$\%EA = \frac{44,6033 \text{ mg/L}}{50,6892 \text{ mg/L}} \times 100\% = 87,99\%$$

## Lampiran 10. Penentuan Model Isoterm Adsorpsi

### 10.1 Pengukuran Model Isoterm Adsorpsi dengan Spektrofotometer UV-Vis



### 10.2 Perhitungan Isoterm Adsorpsi

Konsentrasi (mg/L)	Bobot Arang (g)	Konsentrasi Akhir (mg/L) (Ce)	Konsentrasi Terserap (mg/L) (C)	Kapasitas Adsorpsi (x/m) (mg/g)	Log Ce	Ce/ (x/m)	Log (x/m)
25	1,0002	2,7022	22,2978	1,1147	0,43	2,42	0,05
50	1,0004	6,0514	43,9486	2,1966	0,78	2,75	0,34
75	1,0312	8,1670	66,8330	3,2405	0,91	2,52	0,51
100	1,0156	12,3611	87,6389	4,3146	1,09	2,86	0,63
125	1,0359	20,8542	104,1458	5,0268	1,32	4,15	0,70

- a. Contoh perhitungan konsentrasi *Remazol Brilliant Blue* (RBB) yang terserap

$$C = C_0 - C_e$$

$$C = 25,0 \text{ mg/L} - 2,7022 \text{ mg/L}$$

$$C = 22,2978$$

- b. Contoh perhitungan kapasitas adsorpsi RBB

$$x/m = \frac{C}{m} \times V$$

$$x/m = \frac{22,2978 \text{ mg/L}}{1,0002 \text{ g}} \times 0,05 \text{ L}$$

$$x/m = 1,1147 \text{ mg/g}$$

Keterangan:

C = Konsentrasi RBB yang terserap (mg/L)

C<sub>0</sub> = Konsentrasi RBB awal (mg/L)

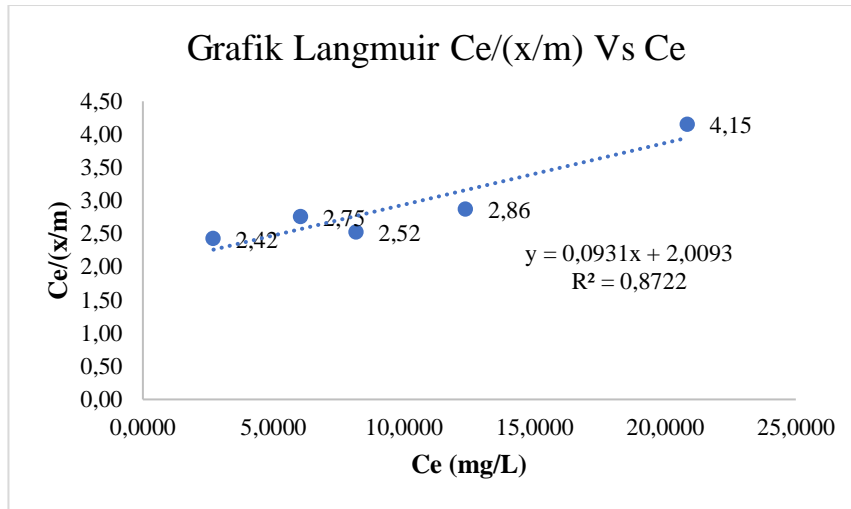
C<sub>e</sub> = Konsentrasi RBB akhir (mg/L)

x/m(Q) = Kapasitas adsorpsi (mg/L)

m = Bobot arang aktif (gram)

V = Volume larutan (L)

**a. Grafik Persamaan Langmuir:**



Berdasarkan grafik di atas diperoleh persamaan linear Langmuir:

$$y = 0,0931x + 2,0093 ; R^2 = 0,8722$$

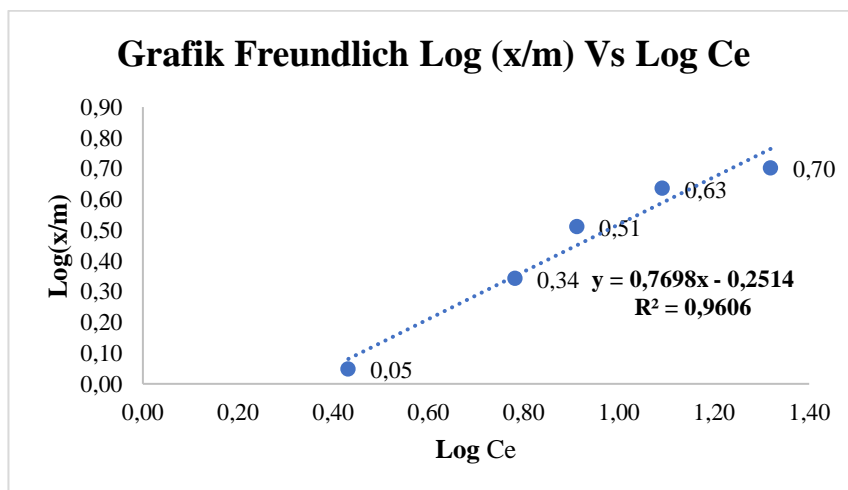
Persamaan Langmuir :  $C_e / (x/m) = (1/b) \cdot C_e + 1/Kb$

Slope =  $1/b = 0,0931 \rightarrow b = 10,7411$

Intersep =  $1/Kb = 2,0093 \rightarrow Kb = 0,4977 \rightarrow K = 0,0463$

Konstanta b dan K<sub>l</sub> untuk isoterm Langmuir pada Adsorpsi RBB adalah sebesar 10,7411 dan 0,0463.

**b. Grafik Persamaan Freundlich:**



Berdasarkan grafik di atas diperoleh persamaan linear Freundlich:

$$y = 0,7698x - 0,2514 ; R^2 = 0,9606$$

Persamaan Freundlich :  $\text{Log}(x/m) = \text{Log } k + 1/n \text{ log } C_e$

Slope =  $1/n = 0,7698 \rightarrow n = 1,2990$

Intersep =  $\text{Log } K = -0,2514$

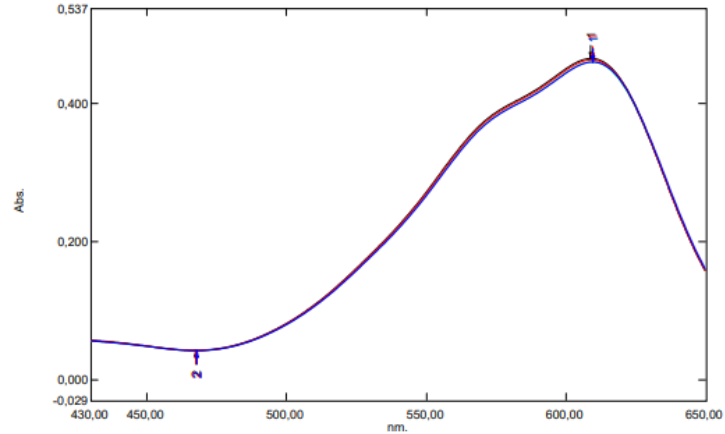
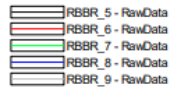
Sehingga,  $k = 10^{-0,2514} = \rightarrow K = 0,5605$

Konstanta n dan K<sub>f</sub> untuk isoterm Freundlich pada Adsorpsi RBB adalah sebesar 1,2990 dan 0,5605.



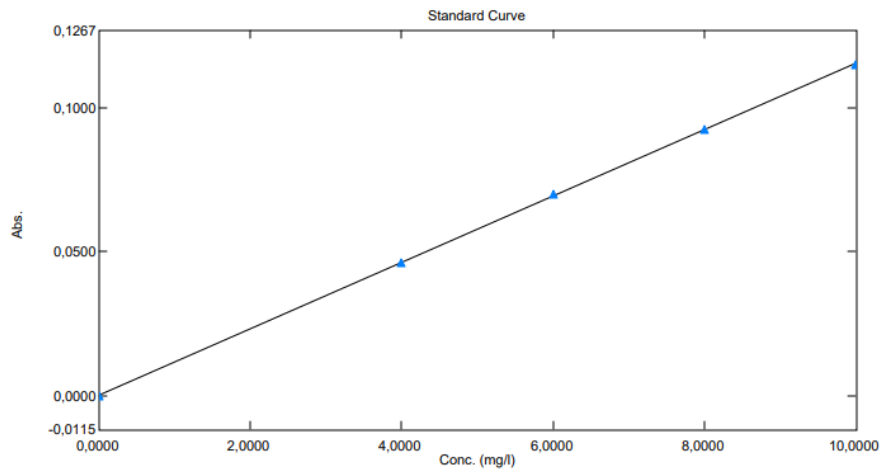
Lampiran 11. Aplikasi Arang Aktif terhadap RBB dalam Limbah Batik

11.1 Penentuan Panjang Gelombang Optimum Zat Warna *Remazol Brilliant Blue* pada berbagai jenis pH



No.	P/V	Wavelength	Abs.	Description
1	●	609,50	0,463	
No.	P/V	Wavelength	Abs.	Description
1	●	609,50	0,463	
No.	P/V	Wavelength	Abs.	Description
1	●	609,50	0,460	
No.	P/V	Wavelength	Abs.	Description
1	●	609,50	0,460	
No.	P/V	Wavelength	Abs.	Description
1	●	609,50	0,461	

11.2 Kurva Kalibrasi *Remazol Brilliant Blue*

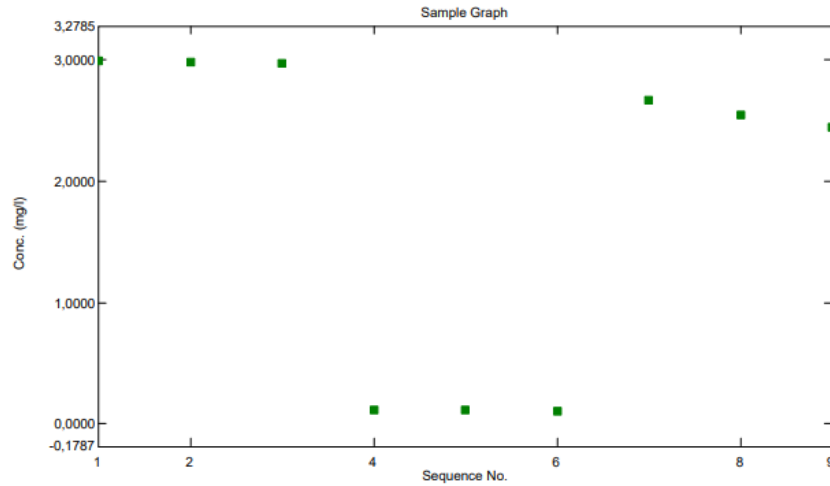


$y = 0,0115038 x + 2,56224e-004$   
 $r^2 = 0,99993$

Standard Table

	Sample ID	Type	Ex	Conc	WL609,5	Wgt.Factor	Comments
1	Blanko	Standard		0.0000	-0.0000	1.0000	
2	Std4ppm	Standard		4.0000	0.0463	1.0000	
3	Std6ppm	Standard		6.0000	0.0698	1.0000	
4	Std8ppm	Standard		8.0000	0.0924	1.0000	
5	Std10ppm	Standard		10.0000	0.1149	1.0000	
6							

### 11.3 Pengukuran Aplikasi Arang Aktif terhadap *Remazol Brilliant Blue*



Sample ID	Type	Ex	Conc	WL609,5	Comments
1	SebelumAdsorpsi1(200x)	Unknown	2.9904	0.0347	
2	SebelumAdsorpsi2(200x)	Unknown	2.9878	0.0346	
3	SebelumAdsorpsi3(200x)	Unknown	2.9745	0.0345	
4	SetelahAdsorpsi1(200x)	Unknown	0.1121	0.0015	
5	SetelahAdsorpsi2(200x)	Unknown	0.1108	0.0015	
6	SetelahAdsorpsi3(200x)	Unknown	0.1094	0.0015	
7	SetelahAdsorpsi1(200x)_NA	Unknown	2.6681	0.0309	
8	SetelahAdsorpsi2(200x)_NA	Unknown	2.5527	0.0296	
9	SetelahAdsorpsi3(200x)_NA	Unknown	2.4492	0.0284	
10					

Sampel	Sebelum Adsorpsi (mg/L)	Sesudah Adsorpsi (Arang Aktif) (mg/L)	Bobot Arang Aktif (g)	Sesudah Adsorpsi (Arang Non-Aktivasi) (mg/L)	Bobot Arang (g)
I	598,08	22,42	1,0080	533,62	1,0020
II	597,56	22,16	1,0056	510,54	1,0013
III	594,90	21,88	1,0062	489,84	1,0012
Rata-Rata	596,85	22,15	1,0066	511,33	1,0015

a. Perhitungan konsentrasi *Remazol Brilliant Blue* (RBB) sebelum adsorpsi

$$C = C \text{ Pembacaan} \times Fp \quad Fp = 50 \text{ mL}/0,25 \text{ mL} = 200x$$

$$C(I) = 2,9904 \text{ mg/L} \times 200 = 598,08 \text{ mg/L}$$

$$C(II) = 2,9878 \text{ mg/L} \times 200 = 597,56 \text{ mg/L}$$

$$C(III) = 2,9745 \text{ mg/L} \times 200 = 594,90 \text{ mg/L}$$

$$\begin{aligned} \text{Rata-rata} &= \frac{(598,08 + 597,56 + 594,90) \text{ mg/L}}{3} \\ &= 596,85 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

- b. Perhitungan konsentrasi *Remazol Brilliant Blue* (RBB) sesudah adsorpsi dengan Arang Aktif

$$C = C \text{ Pembacaan} \times F_p$$

$$C(I) = 0,1121 \text{ mg/L} \times 200 = 22,42 \text{ mg/L}$$

$$C(II) = 0,1108 \text{ mg/L} \times 200 = 22,16 \text{ mg/L}$$

$$C(III) = 0,1094 \text{ mg/L} \times 200 = 21,88 \text{ mg/L}$$

$$\text{Rata - rata} = \frac{(22,42 + 22,16 + 21,88) \text{ mg/L}}{3} = 22,15 \text{ mg/L}$$

- c. Perhitungan konsentrasi *Remazol Brilliant Blue* (RBB) sesudah adsorpsi dengan Arang Non-Aktivasi

$$C = C \text{ Pembacaan} \times F_p$$

$$C(I) = 2,6681 \text{ mg/L} \times 200 = 533,62 \text{ mg/L}$$

$$C(II) = 2,5527 \text{ mg/L} \times 200 = 510,54 \text{ mg/L}$$

$$C(III) = 2,4492 \text{ mg/L} \times 200 = 489,84 \text{ mg/L}$$

$$\text{Rata - rata} = \frac{(533,62 + 510,54 + 489,84) \text{ mg/L}}{3} = 511,33 \text{ mg/L}$$

#### 11.4 Perhitungan Efisiensi Adsorpsi (%EA) Arang Aktif terhadap *Remazol Brilliant Blue*

Arang	Konsentrasi Awal (mg/L)	Konsentrasi Akhir (mg/L)	% Efisiensi
Aktivasi		22,15	96,29
Non Aktivasi	596,85	511,33	14,33

$$\%EA = \frac{(C_{awal} - C_{akhir})}{C_{Awal}} \times 100\%$$

$$\%EA(\text{Arang Aktif}) = \frac{(596,85 - 22,15) \text{ mg/L}}{596,85 \text{ mg/L}} \times 100\% = 96,29\%$$

$$\%EA(\text{Arang Non - Aktivasi}) = \frac{(596,85 - 511,33) \text{ mg/L}}{596,85 \text{ mg/L}} \times 100 = 14,33\%$$

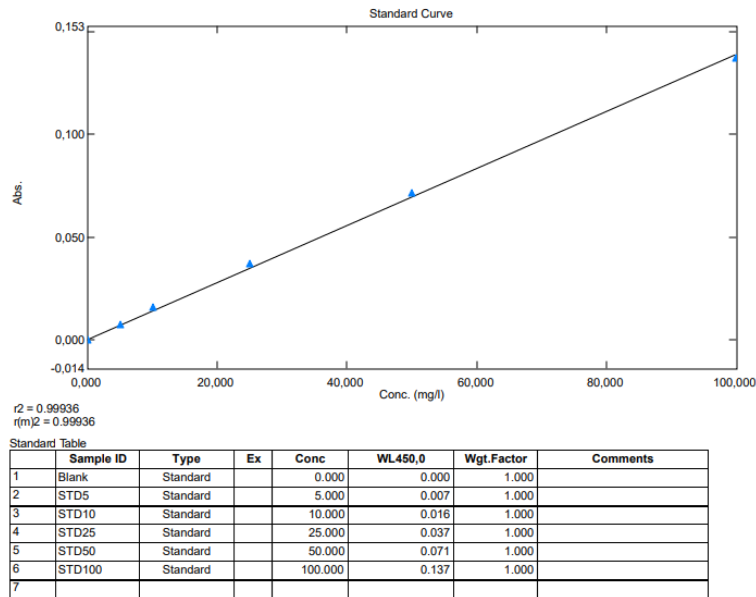
#### 11.5 Uji Kualitas Limbah Batik (PermenLHK No. 16 Tahun 2019) Sebelum dan Sesudah Adsorpsi

Parameter	Sebelum Adsorpsi	Sesudah Adsorpsi	% Efisiensi
Color (Pt-Co)	2146,0	194,3	90,94
COD (mg/L)	4111,4	1657,8	59,68
TSS (mg/L)	1677,4	38,6	97,70
pH dan Suhu	9,50 ; 23,6	8,37 ; 23,9	-
BOD (mg/L)	658,4	304,5	53,75

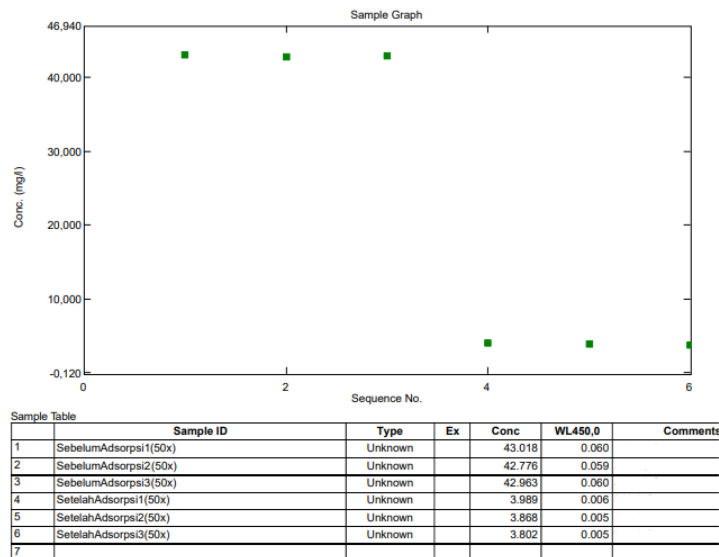
$$\%Efisiensi = \frac{(C_{awal} - C_{akhir})}{C_{Awal}} \times 100\%$$

### 11.5.1 Uji Warna dengan Spektrofotometer UV-Vis

#### a. Kurva Kalibrasi Standar PtCo



#### b. Hasil Pengukuran Sampel



$$C = C \text{ Pembacaan} \times Fp$$

$$Fp = 100 \text{ mL} / 2 \text{ mL} = 50x$$

#### Konsentrasi Sebelum Adsorpsi

$$C(I) = 43,018 \text{ PtCo} \times 50 = 2150,9 \text{ PtCo}$$

$$C(II) = 42,776 \text{ PtCo} \times 50 = 2138,8 \text{ PtCo}$$

$$C(III) = 42,963 \text{ PtCo} \times 50 = 2148,2 \text{ PtCo}$$

$$\text{Rata - rata} = \frac{(2150,9 + 2138,8 + 2148,2) \text{ PtCo}}{3} = 2146,0 \text{ PtCo}$$

### Konsentrasi Sesudah Adsorpsi

$$C(I) = 3,989 \text{ PtCo} \times 50 = 199,5 \text{ PtCo}$$

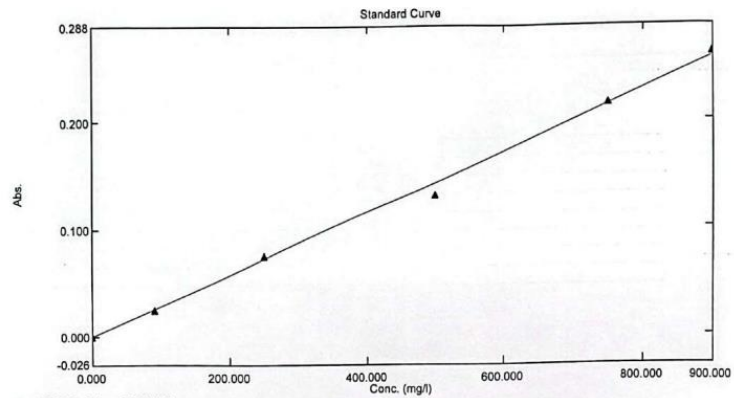
$$C(II) = 3,868 \text{ PtCo} \times 50 = 193,4 \text{ PtCo}$$

$$C(III) = 3,802 \text{ PtCo} \times 50 = 190,1 \text{ PtCo}$$

$$\text{Rata - rata} = \frac{(199,5 + 193,4 + 190,1)\text{PtCo}}{3} = 194,32 \text{ PtCo}$$

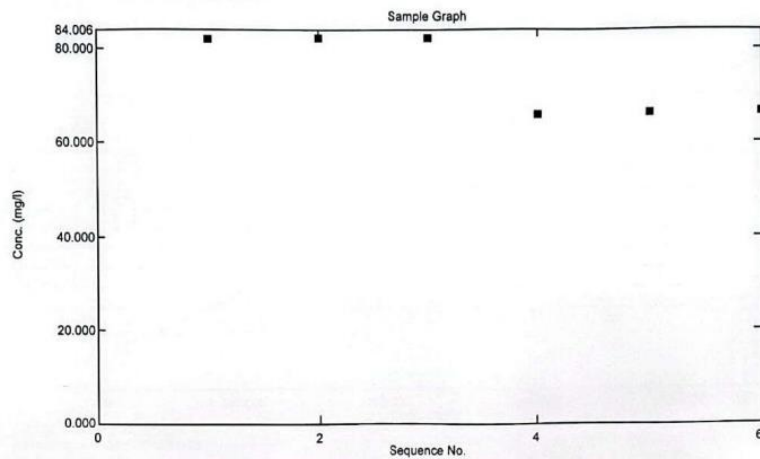
### 11.5.2 Analisis COD dengan Spektrofotometer UV-Vis

#### a. Kurva Kalibrasi Standar COD



Sample ID	Type	Ex	Conc	WL600,0	Wgt.Factor	Comments
1	Blank		0.000	0.000	1.000	
2	Std 90 ppm		90.000	0.025	1.000	
3	Std 250 ppm		250.000	0.074	1.000	
4	Std 500 ppm		500.000	0.132	1.000	
5	Std 750 ppm		750.000	0.216	1.000	
6	Std 900 ppm		900.000	0.252	1.000	
7						

#### b. Hasil Pengukuran Sampel



Sample ID	Type	Ex	Conc	WL600,0	Comments
1	Before 50x 1		81.997	0.023	
2	Before 50x 2		82.318	0.024	
3	Before 50x 3		82.371	0.024	
4	After 25x 1		66.025	0.019	
5	After 25x 2		66.292	0.019	
6	After 25x 3		66.813	0.019	
7					

### Konsentrasi Sebelum Adsorpsi

$$C = C \text{ Pembacaan} \times Fp \quad Fp = 100 \text{ mL} / 2 \text{ mL} = 50x$$

$$C(I) = 81,997 \text{ mg/L} \times 50 = 4099,9 \text{ mg/L}$$

$$C(II) = 82,318 \text{ mg/L} \times 50 = 4115,9 \text{ mg/L}$$

$$C(III) = 82,371 \text{ mg/L} \times 50 = 4118,6 \text{ mg/L}$$

$$\text{Rata - rata} = \frac{(4099,9 + 4115,9 + 4118,6) \text{ mg/L}}{3} = 4111,4 \text{ mg/L}$$

### Konsentrasi Sesudah Adsorpsi

$$C = C \text{ Pembacaan} \times Fp \quad Fp = 100 \text{ mL} / 4 \text{ mL} = 25x$$

$$C(I) = 66,025 \text{ mg/L} \times 25 = 1650,6 \text{ mg/L}$$

$$C(II) = 66,292 \text{ mg/L} \times 25 = 1657,3 \text{ mg/L}$$

$$C(III) = 66,613 \text{ mg/L} \times 25 = 1665,3 \text{ mg/L}$$

$$\text{Rata - rata} = \frac{(1650,6 + 1657,3 + 1665,3) \text{ mg/L}}{3} = 1657,8 \text{ mg/L}$$

### 11.5.3 Analisis TSS secara Gravimetri

TSS CALCULATOR				
ID SAMPLE	VOL (ml)	Bobot Kosong (mg)	Bobot Isi (mg)	TSS (mg/l)
Blank	100	4579,58	4579,58	0,0
STD 100 mg/L	100	5547,39	5555,78	83,9
Sebelum Adsorpsi	100	4598,81	4766,55	1677,4
Sesudah Adsorpsi	100	4567,48	4571,34	38,6
Blank	100	4559,99	4559,99	0,0
STD 100 mg/L	100	4579,67	4588,41	87,4

Perhitungan:

$$TSS = \frac{(\text{Bobot Isi} - \text{Bobot Kosong}) \text{ mg}}{V(\text{ml})/1000}$$

$$\begin{aligned} TSS \text{ Sebelum Adsorpsi} &= \frac{(4766,55 - 4598,81) \text{ mg}}{100(\text{ml})/1000} \\ &= 1677,4 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

$$TSS \text{ Sesudah Adsorpsi} = \frac{(4571,34 - 4567,48) \text{ mg}}{100(\text{ml})/1000} = 38,6 \text{ mg/L}$$

### 11.5.4 Analisis Biochemical Oxygen Demand (BOD)

1. BLANKS:			
Selisih nilai DO <0.2 mg/L			
Bottle #	DO <sub>0</sub>	Final DO	Depletion
1	8,01	7,88	0,13
2	8,02	7,85	0,17
			<b>0,15</b>

2. SEED FACTORS (SF):				Perhitungan efek penambahan s				Nilai SCF 0.6-1.0	
f= ml seed yang digunakan di G				4.0					
Bottle #	Vol. seed (mL)	DO <sub>5</sub> B <sub>1</sub>	DO <sub>5</sub>	Depletion B <sub>1</sub> -B <sub>2</sub>	% Dep.	BOD	SCF (B <sub>1</sub> -B <sub>2</sub> )/f		
1	15	8,03	5,70	2,3300	29,0%	46,6	0,6213		
2	30	8,02	3,48	4,5400	56,6%	45,4	0,6053		
							<b>RATA-RATA SCF:</b>	<b>0,6133</b>	

3. SAMPLES:									
Perhitungan menggunakan rata-rata SCF									
No. Sample	Vol. sampel (mL)	Vol. seed (mL)	DO <sub>0</sub>	DO <sub>5</sub>	Depletion	SCF	Net Dep	Dil. Factor	Sample BOD
			D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	D <sub>1</sub> -D <sub>2</sub>	(B <sub>1</sub> -B <sub>2</sub> )/f	(D <sub>1</sub> -D <sub>2</sub> )-(B <sub>1</sub> -B <sub>2</sub> )/f	P	((D <sub>1</sub> -D <sub>2</sub> )-(B <sub>1</sub> -B <sub>2</sub> )/f)P
Blank Control	300,00	4	8,02	7,21	0,8100	0,6053	0,20	1,000	0,20
Blank Control	300,00	4	8,02	7,30	0,7200	0,6053	0,11	1,000	0,11
Sebelum	1,00	4	7,93	5,13	2,8000	0,6053	2,19	0,003	658,40
Sesudah Adsorpsi	5,00	4	8,01	2,33	5,6800	0,6053	5,07	0,017	304,48

Perhitungan:

$$SCF = (BS_0 - BS_5) \times (VS \text{ Blanko}/300) \times (VS \text{ sampel}/300)$$

$$BOD = \frac{(DO_0 - DO_5) - SCF}{P}$$

Keterangan:

BS<sub>0</sub> = DO Blanko-Seed awal (0 hari) (mg/L)

BS<sub>5</sub> = DO Blanko-Seed akhir (5 hari) (mg/L)

DO<sub>0</sub> = DO sampel awal (0 hari) (mg/L)

DO<sub>5</sub> = DO sampel akhir (5 hari) (mg/L)











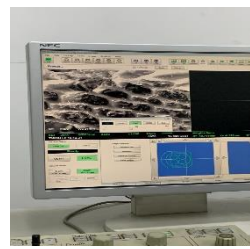

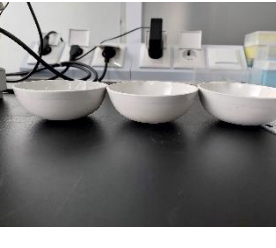

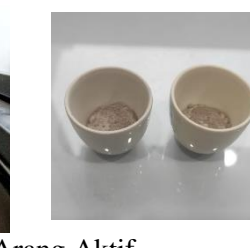


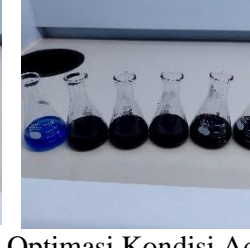


SCF = Seed correction factor (factor koreksi bibit BOD)

VS = Volume seed

P = Faktor pengenceran



Lampiran 12. Dokumentasi Penelitian

			
Pemotongan dan Pencucian Batang Pisang	Pengeringan batang pisang	Batang pisang kering	Karbonisasi Batang Pisang
			
Pengayakan Arang Aktif Mesh 100	Aktivasi Kimia dengan NaOH	Penyaringan dan pencucian arang	Pengeringan arang dengan oven
			
Aktivasi Fisika dengan Furnace	Arang Aktif Batang Pisang	Karakterisasi dengan SEM	Karakterisasi dengan FTIR
			
Uji Kualitas Arang Aktif			
			
Optimasi Kondisi Adsorpsi Arang Aktif			



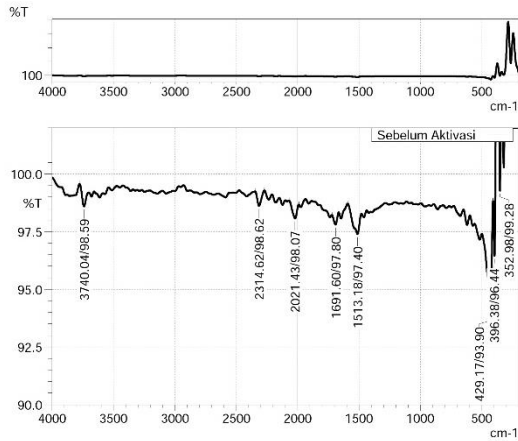
Aplikasi Arang Aktif pada Limbah Industri Batik



Karakterisasi Limbah Industri Batik

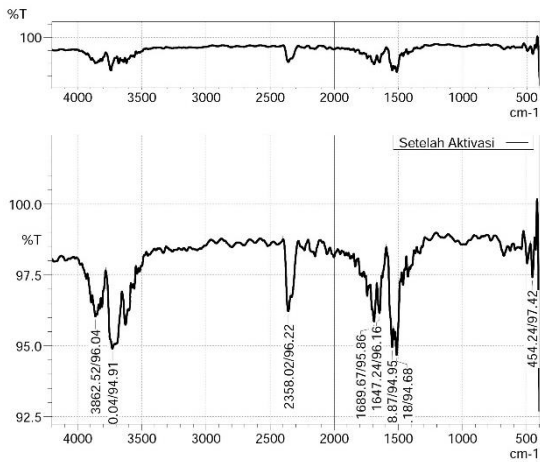
## Lampiran 13. Hasil Karakterisasi Arang Aktif Batang Pisang dengan FTIR

### 13.1 Arang aktif sebelum aktivasi



	Peak	Intensity	Corr. Intensity	Base (H)	Base (L)	Area	Corr. Area
1	352.98	99.28	10.66	374.20	338.51	-203.611	194.483
2	396.38	96.44	9.17	408.92	374.20	-110.743	174.535
3	429.17	93.90	3.21	447.49	408.92	172.541	64.449
4	1513.18	97.40	1.00	1592.26	1479.43	232.065	61.694
5	1691.60	97.80	0.48	1721.50	1665.56	109.766	13.453
6	2021.43	98.07	0.66	2070.62	1990.57	125.803	26.474
7	2314.62	98.62	0.64	2347.41	2271.22	79.506	23.329
8	3740.04	98.59	0.80	3776.69	3700.50	74.170	26.914

### 13.2 Arang aktif sesudah aktivasi



	Peak	Intensity	Corr. Intensity	Base (H)	Base (L)	Area	Corr. Area
1	454.24	97.42	1.29	471.60	436.88	66.718	21.882
2	1513.18	94.68	1.36	1524.76	1487.14	164.585	28.706
3	1548.87	94.95	1.15	1594.19	1539.22	184.602	21.481
4	1647.24	96.16	1.20	1668.45	1629.88	127.779	25.247
5	1689.67	95.86	0.76	1701.24	1668.45	120.581	13.970
6	2358.02	96.22	1.21	2398.52	2337.76	168.502	32.397
7	3740.04	94.91	2.30	3781.51	3708.21	275.657	74.815
8	3862.52	96.04	0.28	3884.70	3853.84	114.063	4.569