

**PEMANFAATAN KARBON AKTIF KAYU BAKAU SEBAGAI ADSORBEN  
PEWARNA TEKSTIL UNGU KODE 4 MENGGUNAKAN  
SPEKTROFOTOMETER UV-Vis**

**(Skripsi)**

**Oleh**

**FERANIKA**



**JURUSAN KIMIA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
2021**

## ABSTRACT

### UTILIZATION OF MANGROVE WOOD ACTIVATED CARBON AS ADSORBENT OF PURPLE TEXTILE DYE CODE 4 USING UV-VIS SPECTROPHOTOMETER

By

Feranika

In this study, has been carried out producing of mangrove wood activated carbon as adsorbent through physical activation and chemical activation. Mangrove wood activated carbon adsorbents obtained used to adsorption purple textile dye code 4. The physical activation process finished at 500<sup>0</sup>C for 1 hour and chemical activation was performed using H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> 10% activator for 24 hour. Characterization of mangrove wood activated carbon was carried out by using *Scanning Electron Microscopy-Energy Dispersive X-Ray* (SEM-EDX) to determine the surface morphology activated carbon. The adsorption test of mangrove wood activated carbon to purple textile dye code 4 aim to find out optimum conditions of activated carbon among others namely adsorbent weight, pH, contact time, concentration and determine adsorption isotherm model. Adsorption of purple textile dye code 4 by mangrove wood activated carbon occurs at optimum conditions with an adsorbent weight of 0,08 grams at pH 3 with contact time for 120 minutes and solution concentration 100 ppm. The adsorption isotherm of purple textile dye code 4 tend to follow the Freundlich adsorption isotherm model with correlation coefficient value (R<sup>2</sup>) was 0,9607.

**Keywords** : adsorption, activated carbon, mangrove wood, purple textile dye

## ABSTRAK

### PEMANFAATAN KARBON AKTIF KAYU BAKAU SEBAGAI ADSORBEN PEWARNA TEKSTIL UNGU KODE 4 MENGGUNAKAN SPEKTROFOTOMETER UV-VIS

Oleh

Feranika

Pada penelitian ini telah dilakukan pembuatan karbon aktif kayu bakau sebagai adsorben melalui aktivasi secara fisika dan aktivasi secara kimia. Adsorben karbon aktif kayu bakau yang diperoleh digunakan untuk mengadsorpsi pewarna tekstil ungu kode 4. Proses aktivasi fisika dilakukan pada suhu  $500^{\circ}\text{C}$  selama 1 jam dan aktivasi kimia dilakukan menggunakan aktivator  $\text{H}_3\text{PO}_4$  10% selama 24 jam. Karakterisasi pada karbon aktif kayu bakau dilakukan dengan menggunakan *Scanning Electron Microscopy-Energy Dispersive X-Ray* (SEM-EDX) untuk mengetahui morfologi permukaan karbon aktif. Uji adsorpsi karbon aktif kayu bakau terhadap pewarna tekstil ungu kode 4 bertujuan untuk mengetahui kondisi optimum karbon aktif antara lain yaitu berat adsorben, pH, waktu kontak, konsentrasi serta mengetahui pola isoterm adsorpsinya. Adsorpsi pewarna tekstil ungu kode 4 oleh karbon aktif kayu bakau terjadi pada kondisi optimum dengan berat adsorben 0,08 gram pada pH 3 dengan waktu kontak selama 120 menit serta konsentrasi larutan 100 ppm. Isoterm adsorpsi pewarna tekstil ungu kode 4 cenderung mengikuti model isoterm adsorpsi Freundlich dengan nilai koefisien korelasi ( $R^2$ ) sebesar 0,9607.

**Kata kunci** : adsorpsi, karbon aktif, kayu bakau, pewarna tekstil ungu

**PEMANFAATAN KARBON AKTIF KAYU BAKAU SEBAGAI ADSORBEN  
PEWARNA TEKSTIL UNGU KODE 4 MENGGUNAKAN  
SPEKTROFOTOMETER UV-Vis**

Oleh

**FERANIKA**

Skripsi

Sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar  
**SARJANA SAINS**

Pada

Jurusan Kimia

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



**JURUSAN KIMIA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
2021**

Judul Skripsi : **PEMANFAATAN KARBON AKTIF KAYU BAKAU  
SEBAGAI ADSORBEN PEWARNA TEKSTIL  
UNGU KODE 4 MENGGUNAKAN  
SPEKTROFOTOMETER UV-VIS**

Nama Mahasiswa : **Feranika**

No. Pokok Mahasiswa : 1717011040

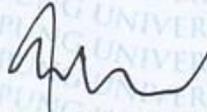
Jurusan : Kimia

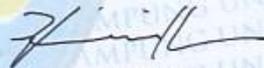
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



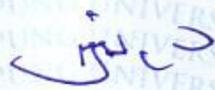
**MENYETUJUI**

1. Komisi Pembimbing

  
**Drs. R. Supriyanto, M.S.**  
NIP 19581111 199903 1 001

  
**Rinawati, S.Si., M.Si., Ph.D.**  
NIP 19710414 200003 2 001

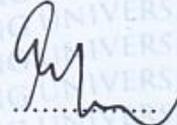
2. Ketua Jurusan Kimia FMIPA

  
**Mulyono, Ph.D.**  
NIP 19740611 200003 21 002

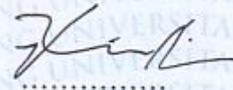
**MENGESAHKAN**

1. Tim Penguji

Ketua : **Drs. R. Supriyanto, M.S.**



Sekretaris : **Rinawati, S.Si., M.Si., Ph.D.**



Penguji  
Bukan Pembimbing : **Dr. Nurhasanah, S.Si., M.Si.**



2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



**Dr. Eng. Satripto Dwi Yuwono, S.Si., M.T.**  
NIP. 19740705 200003 1 001



Tanggal Lulus Ujian Skripsi : **25 Oktober 2021**

**SURAT PERNYATAAN  
KEASLIAN SKRIPSI**

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Feranika  
Nomor Pokok Mahasiswa : 1717011040  
Jurusan : Kimia  
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Perguruan Tinggi : Universitas Lampung

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa skripsi saya yang berjudul  
**“Pemanfaatan Karbon Aktif Kayu Bakau Sebagai Adsorben Pewarna Tekstil  
Ungu Kode 4 Menggunakan Spektrofotometer UV-Vis”** adalah benar karya saya  
sendiri dan saya tidak keberatan jika sebagian atau seluruh data dalam skripsi  
tersebut digunakan oleh dosen atau program studi untuk kepentingan publikasi sesuai  
dengan kesepakatan.

Bandar Lampung, November 2021  
Menyatakan



Feranika

1717011040

## RIWAYAT HIDUP



Penulis bernama lengkap Feranika dilahirkan di Bandar Lampung, pada tanggal 23 Juni 1999, sebagai anak kedua dari tiga bersaudara. Penulis merupakan putri dari Bapak Selamat Arifin dan Ibu Yulianti (Alm). Penulis saat ini bertempat tinggal di Jalan Urip Sumoharjo Gang Sungai 8, Kelurahan Gunung Sulah, Kecamatan Way Halim, Bandar Lampung.

Jenjang pendidikan penulis diawali dari Taman Kanak-kanak di TK Among Putra Bandar Lampung pada tahun 2004 dan diselesaikan pada tahun 2005. Kemudian penulis melanjutkan pendidikan ke jenjang Sekolah Dasar di SD Negeri 1 Surabaya Bandar Lampung dan diselesaikan pada tahun 2011. Sekolah Menengah Pertama di SMP Negeri 12 Bandar Lampung dan diselesaikan pada tahun 2014. Sekolah Menengah Kejuruan di SMK SMTI Bandar Lampung dan diselesaikan pada tahun 2017. Pada tahun 2017, Penulis terdaftar sebagai Mahasiswi Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA) Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN) dan berhasil menyelesaikan S1 pada tahun 2021.

Selama menjadi mahasiswi, penulis aktif sebagai Anggota biro Penerbitan di Organisasi Himpunan Mahasiswa Kimia (Himaki) Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung periode 2018. Selain itu, penulis juga tercatat sebagai Anggota Garuda BEM FMIPA pada tahun 2017. Penulis mengikuti organisasi BEM FMIPA Unila sebagai Anggota Departemen Sains Pengabdian

Masyarakat (SPM) pada tahun 2018. Penulis juga pernah menjadi asisten praktikum Kimia Analitik II Jurusan Kimia FMIPA Universitas Lampung Tahun Ajaran 2020/2021.

Pada bulan Juli 2019, penulis menyelesaikan Praktik Kerja Lapangan di Balai Besar Pengawas Obat dan Makanan (BBPOM) Bandar Lampung yang diberi judul **“Identifikasi Sibutramin Hidroklorida, Amfetamin Sulfat, Fenfluramin Hidroklorida, Furosemida dan Hidroklorotiazida dalam Obat Tradisional dan Suplemen Kesehatan Sediaan Cair Secara Kromatografi Lapis Tipis dan Spektrofotodensitometri di Balai Besar Pengawas Obat dan Makanan Bandar Lampung”**.

Penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) selama 40 hari pada tanggal 02 Januari-10 Februari 2020 di Desa Gunung Sari, Kecamatan Ulubelu, Kabupaten Tanggamus. Pada bulan Februari 2021-Juli 2021, Penulis melaksanakan penelitian di Laboratorium Kimia Analitik dan Instrumentasi Jurusan Kimia FMIPA Universitas Lampung.

## MOTTO

*Intelligence plus character – that is the goal of true education*  
(Martin Luther King Jr)

Barang siapa yang menempuh suatu jalan untuk menuntut ilmu, Allah  
akan memudahkan jalannya ke surga  
(HR Imam Muslim)

Jangan terlalu ambil hati dengan ucapan seseorang, kadang manusia  
punya mulut tapi belum tentu punya pikiran  
(Albert Einstein)

Mustahil adalah bagi mereka yang tidak pernah mencoba  
(Jim Goodwin)

Setiap orang memiliki permulaan yang-berbeda-beda namun percayalah  
kita semua pasti akan berakhir pada satu titik yang sama  
(Feranika)

Hidup adalah proses, hidup adalah belajar, tanpa batas umur,  
tanpa batas kata tua. Jatuh, berdiri lagi, kalah, mencoba lagi, gagal,  
bangkit lagi. Jangan pernah menyerah sampai Tuhan berkata waktunya  
pulang  
(Anonim)

*Bismillaahirrohmaanirrohiim*

**Alhamdulillah raabil 'alamin, segala puji bagi Allah SWT atas Rahmat, Taufiq dan Hidayah-Nya.**

Kupersembahkan karya ini sebagai tanda cinta dan kasih sayangku serta baktiku kepada:

**Kedua orangtuaku tercinta**

*Bapak Selamat Arifin dan Ibu Yulianti (Alm)*

Yang selalu mendo'akan, menjadi support system terbesar dalam hidupku, serta selalu melakukan apapun yang terbaik untukku. Terimakasih telah merawat, memberikanku kasih sayang serta mendidikku hingga saat ini, Terimakasih kepada Ibuku atas segalanya yang telah engkau lakukan untukku semasa hidup.

**Kakak dan Adikku tersayang**

*Andika Prasetyo dan Nia Maihasana*

Rasa hormat saya kepada :

Bapak Drs. R. Supriyanto, M.S., Ibu Rinawati, S.Si., M.Si., Ph.D.,

Ibu Dr. Nurhasanah, S.Si., M.Si. atas bimbingan selama penelitian dan proses pengerjaan skripsi serta, Bapak dan Ibu Dosen Jurusan Kimia FMIPA Universitas Lampung yang telah memberikan ilmu, motivasi dan pengalaman kepadaku.

Serta teman-teman seperjuanganku yang telah memberikan dukungan penuh dan semangat hingga aku bisa mencapai tahap ini.

Almamater tercinta Universitas Lampung

## SANWACANA

Alhamdulillah puji syukur kehadirat Allah SWT atas segala rahmat, hidayah, nikmat, dan karunia-Nya sehingga Penulis mampu menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Pemanfaatan Karbon Aktif Kayu Bakau Sebagai Adsorben Pewarna Tekstil Ungu Kode 4 Menggunakan Spektrofotometer UV-Vis”** sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Sains Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung.

Penulisan skripsi ini pastinya tidak lepas dari kesulitan serta rintangan yang Penulis hadapi, namun itu semua dapat Penulis lalui berkat ridho dan pertolongan Allah SWT serta bantuan dan dukungan dari orang-orang terpenting dalam hidup Penulis. Pada kesempatan ini Penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Kedua orang tuaku yang aku cintai karena Allah SWT, Bapak Selamat Arifin dan Ibu Yulianti (Alm). Terima kasih atas doa, cinta, kasih sayang, serta semua pengorbanan yang tak terhingga yang telah kalian berikan kepada Penulis. Terimakasih atas segala perhatian, motivasi dan dukungan yang luar biasa kepada Penulis sehingga Penulis bisa menyelesaikan pendidikan hingga menjadi Sarjana. Semoga Allah SWT memberikan limpahan rahmat, taufiq dan hidayah-Nya kepada Bapak dan Ibu serta dapat mengumpulkan kita kembali di Jannah-Nya, Aamiin.
2. Bapak Drs. R. Supriyanto M.S., selaku pembimbing I yang selalu memberikan bimbingan, ilmu, nasihat, semangat, saran, motivasi dan kesabaran kepada Penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.

3. Ibu Rinawati, S.Si., M.Si., Ph.D., selaku pembimbing II yang selalu memberikan ilmu, bimbingan, motivasi, kritik dan saran sehingga Penulis mampu menyelesaikan skripsi ini.
4. Ibu Dr. Nurhasanah, S.Si., M.Si., selaku pembahas yang telah memberikan bimbingan, ilmu, motivasi, nasihat, kritik dan saran sehingga Penulis mampu menyelesaikan skripsi ini.
5. Ibu Dr. Yuli Ambarwati, M.Si. Dr., S.Si., M.Si., selaku pembimbing akademik selama Penulis menjadi mahasiswi yang telah memberikan dukungan serta motivasi kepada penulis.
6. Bapak Mulyono, S.Si., M.Si., Ph.D., selaku Ketua Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA) Universitas Lampung.
7. Bapak Dr. Eng. Suropto Dwi Yuwono, M.T., selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA) Universitas Lampung.
8. Bapak dan Ibu Dosen Kimia FMIPA Universitas Lampung yang telah mendidik serta memberikan ilmu yang sangat bermanfaat kepada Penulis selama kuliah dan semoga ilmu yang diberikan dapat berguna.
9. Bapak Syaifuddin, S.T., selaku Laboran Kimia Analitik dan Instrumentasi FMIPA Unila yang telah banyak membantu dalam menyediakan alat dan bahan untuk penelitian Penulis.
10. Seluruh laboran, staff dan karyawan FMIPA Universitas Lampung atas semua bantuannya selama ini.
11. Kakakku tersayang Andika Prasetyo serta Adikku tersayang Nia Maihasana yang telah memberikan doa, semangat, dukungan, serta keceriaan hingga saat ini sehingga Penulis bisa menyelesaikan skripsi ini. Terimakasih telah menjadi saudara yang memberikan rumah ternyaman di dunia ini.
12. Keluarga besar yang telah mendukung, mendoakan dan selalu memberikan motivasi kepada Penulis.
13. Sahabatku si baik hati Mesy Cintia dan juga partner penelitian. Terimakasih atas semua bantuan, dukungan, motivasi, doa, saran dan intinya terimakasih telah menjadi tempat curhat dimana kita bisa saling bercerita hingga berkeluh kesah

dan juga menjadi support system yang selalu mengingatkan tentang hal baik. Semoga kita bisa sama-sama mengejar mimpi kita dan nantinya bisa menjadi sahabat till jannah.

14. Teman-teman seperjuangan *Active Carbon Research* (Mesy Cintia, Pinkan Valencia, Innamaa Trina). Terimakasih atas kebaikan, motivasi, kerja sama, dukungan kalian semua kepada penulis selama penelitian. Semoga nantinya Allah SWT membalas kebaikan kalian hingga nantinya menjadi ladang pahala yang berlipat-lipat ganda.
15. Teman Serangkuy (Tiara Cahyarani Sulandra dan Ginsita Putri Gratia Br Ginting), terima kasih atas dukungan, kerja sama dan telah menjadi teman baik untuk saling memotivasi serta memberikan bantuan kepada Penulis.
16. Teman terbaikku Reversible (Ria Mela Rosi, Merriezka Ismaini dan Azizah Malik) Terima kasih atas semua dukungan, motivasi, semangat, waktu dan kebersamaan dari awal maba hingga penulis mampu menyelesaikan penelitian ini.
17. Teruntuk Sahabat kecilku Mayang Novita Sari, terimakasih telah memberikan dukungan, semangat, doa, serta kata kata motivasi sehingga Penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Terimakasih sudah menjadi sahabat yang bisa memberikan *positive vibes* yang sangat luar biasa.
18. Teruntuk teman-temanku Bay Bay Community (Ajeng, Ayu, Sharfina, Merriezka, Emilda, Mery, Viola, Regina, Della, Yoan, Clara). Terimakasih bantuan, motivasi, support, canda tawa yang telah kalian berikan kepada penulis hingga saat ini.
19. Teman Instrumen Bawah (Wahyu Devariani, Sangaji Ilham Prasetyo, Nelda Oktaria, Dela Ananda dan Lola Erdianes), terima kasih telah membantu untuk saling berbagi info perkuliahan.
20. Saudara tercintaku (Ella, Nia, Sulis, Dwi, Mb Mesti, Sindi) yang selalu memberikan support dan canda tawa selama penulis mengerjakan skripsi.

21. Kakak-kakakku Rizky Nurfitriani, Sanubarra, Selly, Dina. Terimakasih atas pengetahuan, kerja sama, dukungan, dan kesabaran dalam menjawab semua pertanyaan baru hingga Penulis mampu menyelesaikan skripsi ini.
22. Teman-teman peergroup analitik (Nova, Ocad, Rezka, Eci, Shelly, Agustina, Dita Kumala, Lia dan Mery). Terimakasih atas dukungan dan semangat kepada Penulis.
23. Keluarga besar Kimia 2017 yang telah memberikan dukungan, motivasi, cerita dan kebersamaan selama ini.
24. Teman-teman KKN Desa Gunung Sari (Ayu, Ajeng, Nenny, Kartika, Victor), terimakasih atas dukungan, canda tawa, cerita hidup selama KKN. Semoga silaturahmi kita senantiasa terjalin.
25. Kakak-kakak dan adik-adik kimia angkatan 2015, 2016, 2018, 2019, dan 2020 yang telah memberikan motivasi dan semangat kepada Penulis.
26. Almamater tercinta Universitas Lampung.
27. Semua pihak yang telah membantu dan mendoakan Penulis dengan tulus dalam proses penyelesaian skripsi ini yang tidak dapat disebutkan satu- persatu.

## DAFTAR ISI

<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>i</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>iv</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>v</b>
<b>I. PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Tujuan Penelitian .....	4
1.3 Manfaat Penelitian .....	4
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>5</b>
2.1 Pohon Bakau .....	5
2.2 Karbon Aktif .....	6
2.3 Proses Pembuatan Karbon Aktif.....	8
2.4 Bentuk Karbon Aktif.....	9
2.4.1 Karbon Aktif Serbuk .....	9
2.4.2 Karbon Aktif Granul.....	10
2.4.3 Karbon Aktif Fiber .....	10
2.4.4 Karbon Aktif Molecular Sieves.....	10
2.5 Proses Aktivasi Karbon Aktif.....	10
2.5.1 Proses Aktivasi secara Fisika .....	10
2.5.2 Proses Aktivasi secara Kimia .....	11
2.6 Zat Warna.....	12
2.7 Limbah Tekstil .....	13
2.8 Adsorpsi .....	14

2.8.1 Jenis Adsorpsi.....	14
2.8.2 Mekanisme Penyerapan Adsorpsi .....	15
2.8.3 Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Adsorpsi .....	15
2.9 Validasi Metode .....	17
2.9.1 Linearitas .....	17
2.9.2 Batas Deteksi ( <i>Limit of Detection</i> ) dan Batas Kuantitasi ( <i>Limit of Quantitation</i> ) .....	18
2.9.3 sPresisi.....	18
2.9.4 Akurasi (kecermatan) .....	19
2.10 Karakterisasi dan Instrumentasi.....	20
2.10.1 <i>Scanning Electron Microscopy-Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy</i> (SEM-EDX).....	20
2.10.2 Spektrofotometer UV-Vis .....	21
<b>III. METODE PENELITIAN.....</b>	<b>27</b>
3.1 Waktu dan Tempat.....	27
3.2 Alat dan Bahan.....	27
3.3 Prosedur Penelitian .....	28
3.3.1 Preparasi dan Pembuatan Karbon.....	28
3.3.2 Aktivasi Karbon.....	28
3.3.3 Identifikasi Nilai Mutu Karbon Aktif .....	29
3.3.4 Karakterisasi Karbon Aktif.....	31
3.3.5 Penentuan Panjang Gelombang Maksimum Pewarna Tekstil Ungu ..	31
3.3.6 Validasi Metode.....	32
3.3.7 Optimasi Karbon Aktif .....	33
3.3.8 Diagram Alir.....	35
<b>IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>36</b>
4.1 Karbon Aktif dari Kayu Bakau .....	36
4.2 Karbon Aktif hasil <i>Scanning Electron Microscope-Energy Dispersive X-Ray</i> (SEM-EDX) .....	39

4.3 Nilai Mutu Karbon Aktif Kayu Bakau.....	41
4.3.1 Rendemen Karbon Aktif Kayu Bakau.....	41
4.3.2 Kadar Air .....	41
4.3.3 Kadar Abu .....	42
4.3.4 Kadar Zat Tebang .....	42
4.3.5 Kadar Karbon Aktif Murni.....	43
4.3.6 Daya Serap Iod .....	43
4.4 Daerah Panjang Gelombang Maksimum Pewarna Tekstil Ungu .....	43
4.5 Validasi Metode .....	44
4.5.1 Uji Linearitas .....	44
4.5.2 Uji <i>Limit of Detection</i> (LoD) dan <i>Limit of Quantitation</i> (LoQ) .....	45
4.5.3 Uji Presisi .....	46
4.5.4 Uji Akurasi .....	47
4.6 Kondisi Optimum Karbon Aktif.....	48
4.6.1 Berat Optimum Karbon Aktif.....	48
4.6.2 pH Optimum Karbon Aktif .....	50
4.6.3 Waktu Kontak Optimum Karbon Aktif.....	52
4.6.4 Konsentrasi Optimum Karbon Aktif .....	54
<b>V. KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>58</b>
5.1 Kesimpulan .....	58
5.2 Saran .....	59
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>60</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>67</b>

## GAMBAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Persyaratan Karbon Aktif Menurut SNI No.06-3730-1995 .....	7
2. Panjang Gelombang untuk Setiap Jenis Warna.....	23
3. Spektrum Cahaya Tampak dan Warna-warna Komplementer .....	24
4. Hasil Pengukuran LoD dan LoQ .....	46
5. Hasil Pengukuran Presisi.....	47
6. Hasil Pengukuran Akurasi.....	48
7. Parameter Isoterm Adsorpsi Langmuir dan Freundlich .....	56
8. Pengukuran Linearitas .....	74
9. Data Uji Adsorpsi Penentuan Berat Optimum .....	76
10. Data Uji Adsorpsi Penentuan pH Kontak Optimum .....	78
11. Data Uji Adsorpsi Penentuan Waktu Kontak Optimum .....	79
12. Data Uji Adsorpsi Penentuan Konsentrasi Optimum.....	80
13. Data Hasil Uji Adsorpsi Persamaan Langmuir .....	81
14. Data Hasil Uji Adsorpsi Persamaan Freundlich.....	82

## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Skema Struktur Pori Karbon Aktif.....	7
2. Struktur Grafit Karbon Aktif.....	8
3. Struktur Kimia Karbon Aktif .....	8
4. Contoh Zat Pewarna Sintesis.....	12
5. Prinsip Kerja SEM.....	19
6. Spektrum Gelombang Elektromagnetik Lengkap .....	21
7. Cara Kerja Spektrofotometer.....	22
8. Diagram Alat Spektrofotometer UV-Vis (Single Beam) .....	23
9. Skema Spektrofotometer UV-Vis (Double Beam).....	23
10. Hasil dari Proses Preparasi Kayu Bakau.....	31
11. Hasil Aktivasi Karbon.....	32
12. Hasil Karakterisasi SEM-EDX dengan Perbesaran 5000x pada Permukaan Adsorben .....	33
13. Panjang Gelombang Maksimum Zat Pewarna Tekstil Ungu.....	38
14. Kurva Linearitas.....	39
15. Kurva Penentuan Berat Optimum .....	43
16. Kurva Penentuan pH Optimum.....	45
17. Kurva Penentuan Waktu Kontak Optimum .....	47
18. Kurva Penentuan Konsentrasi Optimum .....	48
19. Pola Isoterm Adsorpsi Langmuir .....	49
20. Pola Isoterm Adsorpsi Freundlich.....	50

21. Hasil Uji Adsorpsi Variasi Berat .....	77
22. Hasil Uji Adsorpsi Variasi pH .....	78
23. Hasil Uji Adsorpsi Variasi Waktu .....	79
24. Hasil Uji Adsorpsi Variasi Konsentrasi .....	80

## I. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Seiring dengan perkembangan zaman, semakin banyak industri tekstil yang bersaing untuk memenuhi kebutuhan konsumennya dengan memberikan hasil atau produk yang terbaik. Industri tekstil memegang peranan penting dalam pembangunan ekonomi di sektor nonmigas di beberapa kota berkembang di Indonesia. Terlepas dari peranannya yang signifikan, industri tekstil memberikan masalah yang serius terhadap lingkungan, terutama pembuangan air limbah pewarna. Air limbah yang tercemar mengandung senyawa berwarna dari residu pewarna dan berbagai zat aditif kimia (Widjajanti, *et al.*, 2011).

Istratie, *et al* (2016) dalam penelitiannya menyatakan bahwa kehadiran limbah zat warna dalam jumlah kecil saja dapat menyebabkan perubahan dalam hal warna air. Akibatnya, zat warna dalam air dapat menyerap dan memantulkan cahaya sehingga menghambat penetrasi sinar matahari ke dalam air. Selain itu, dapat mempengaruhi kehidupan di dalam air yaitu pertumbuhan bakteri dalam air dan fotosintesis tanaman air dapat terganggu yang pada akhirnya dapat menyebabkan kerusakan ekosistem akuatik. Karena itu, penyisihan warna dari *effluent* sebelum dibuang ke badan air sangat diperlukan (Tang, *et al.*, 2012).

Ada beberapa metode yang digunakan untuk pengolahan kandungan zat pewarna dalam limbah. Beberapa diantaranya adalah *reverse osmosis*, oksidasi kimia,

fitodegradasi, elektrokoagulasi-elektroflotasi dan adsorpsi. Diantara beberapa metode tersebut, adsorpsi adalah metode yang menjadi lebih unggul dari beberapa metode untuk pengolahan limbah cair dalam hal biaya awal, kesederhanaan desain dan kemudahan dalam pengoperasiannya. Koner, *et al* (2011) dalam penelitiannya menyebutkan diantara berbagai metode penyisihan pewarna yang tersedia, adsorpsi telah terbukti menjadi teknik terbaik yang sesuai dan menjanjikan atau metode yang paling banyak digunakan karena efektifitasnya, operasional kesederhanaan, biaya rendah dan kebutuhan energi rendah (Jalil, *et al.*, 2010; Koner, *et al.*, 2011).

Adsorpsi merupakan salah satu metode pengolahan limbah industri yang menghasilkan kualitas air yang tinggi. Banyak penelitian lain yang sudah membuktikan efektifnya mengolah limbah dengan menggunakan metode adsorpsi karena metode ini sederhana dan cukup murah. Adsorpsi memiliki keunggulan dibandingkan dengan metode konvensional karena operasinya berlangsung dengan bersih, bebas lumpur, dan efisiensi penghilangan zat warna dari limbah tinggi (Velmurugan, *et al.*, 2011). Adsorpsi yang menggunakan arang aktif telah berhasil digunakan sebagai adsorben untuk menyisihkan kandungan zat warna dari air limbah (Chinniagounder, *et al.*, 2011).

Arang aktif diperoleh melalui pembakaran, pembakaran sebagian, atau dekomposisi termal pada berbagai bahan karbon. Arang aktif tersedia dalam bentuk granul dan powder. Saat ini arang aktif juga dipersiapkan dalam bentuk bulat, fiber, dan lembaran untuk beberapa aplikasi khusus. Arang aktif merupakan adsorben serbaguna. Sifat adsorptif arang aktif karena luas permukaan yang besar, struktur mikropori dan reaktivitas permukaan yang tinggi. Arang aktif digunakan untuk penjernihan, dekolerasi, penghilang bau, deklorinasi, pemisahan, *recovery*, penyaringan, pembersihan atau modifikasi konstituen berbahaya dalam senyawa gas dan cair (Udyani, *et al.*, 2019). Oleh sebab itu, adsorpsi arang aktif diminati dalam pengolahan limbah khususnya limbah tekstil.

Penelitian ini menggunakan arang aktif dari kayu bakau. Pemanfaatan kayu bakau ini didasari oleh berbagai pertimbangan antara lain bahwa populasi bakau selama ini hanya difungsikan sebagai kayu bakar serta penyangga ekosistem pantai cukup besar di Indonesia (Melawaty dan Sandapadang, 2018). Kayu bakau adalah tanaman yang tumbuh di rawa-rawa, air payau, maupun perairan pantai yang mengalami pasang surut. Didalam kayu bakau terdapat senyawa tanin, senyawa ini memiliki sifat dapat larut dalam air atau alkohol karena tanin banyak mengandung fenol yang memiliki gugus  $\text{OH}^-$  serta dapat mengikat logam berat (W Putri, 2019). Pada penelitian ini digunakan jenis kayu bakau bagian batang untuk mengetahui kemampuan karbon aktif dari kayu bakau dalam mengadsorpsi zat warna yang selanjutnya dapat dikembangkan dalam menangani masalah pencemaran air oleh zat warna.

Karbon aktif harus dilakukan aktivasi fisika-kimia agar menjadi adsorben yang mampu mengadsorpsi limbah pewarna tekstil secara optimal. Aktivasi dapat dilakukan baik secara kimia maupun fisika. Aktivasi fisika dilakukan untuk memperluas pori karbon aktif dengan bantuan panas, uap dan gas  $\text{CO}_2$  dan aktivasi kimia yaitu aktivasi menggunakan bahan kimia atau aktivator, seperti hidroksida logam alkali, klorida, sulfat, fosfat dari logam alkali tanah, asam-asam anorganik (Triyanto, 2013). Contoh garam mineral yang dapat digunakan sebagai bahan pengaktif antara lain  $\text{KCl}$ ,  $\text{NaCl}$ ,  $\text{ZnCl}_2$ ,  $\text{CaCl}_2$ ,  $\text{MgCl}_2$ ,  $\text{H}_3\text{PO}_4$ ,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  dan garam mineral lainnya (Meisrilestari, *et al.*, 2013). Bahan-bahan pengaktif tersebut berfungsi untuk mendegradasi atau penghidrasi molekul organik selama proses karbonisasi, membantu dekomposisi senyawa organik pada aktivasi berikutnya, membantu menghilangkan endapan hidrokarbon yang dihasilkan saat proses karbonisasi dan melindungi permukaan karbon sehingga kemungkinan terjadinya oksidasi dapat dikurangi (Yuliastuti dan Handaru, 2019). Oleh sebab itu, pada penelitian ini digunakan agen  $\text{H}_3\text{PO}_4$  pada aktivasi kimia karbon aktif dari kayu bakau untuk mengadsorpsi pewarna tekstil ungu (kode 4).

## **1.2 Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Membuat karbon aktif dari kayu bakau.
2. Melakukan karakterisasi karbon aktif kayu bakau.
3. Menentukan optimasi karbon aktif kayu bakau sebagai adsorben pewarna tekstil ungu (kode 4).
4. Mengetahui kemampuan adsorpsi karbon aktif kayu bakau pada pewarna tekstil ungu (kode 4).
5. Mengetahui model isoterm adsorpsi pewarna tekstil ungu (kode 4) oleh karbon aktif kayu bakau.

## **1.3 Manfaat Penelitian**

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah untuk memberikan informasi tentang karbon aktif dari kayu bakau sebagai adsorben untuk mengadsorpsi pewarna tekstil ungu kode 4 sehingga dapat dimanfaatkan dalam pengolahan limbah industri tekstil dan sebagai referensi penelitian lebih lanjut.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Pohon Bakau

Istilah ‘mangrove’ tidak diketahui secara pasti asal usulnya. Ada yang mengatakan bahwa istilah tersebut kemungkinan merupakan kombinasi dari bahasa Portugis dan Inggris. Bangsa Portugis menyebut salah satu jenis pohon mangrove sebagai ‘mangue’ dan istilah Inggris ‘grove’, bila disatukan akan menjadi ‘mangrove’ atau ‘mangrove’. Mangrove adalah tanaman pepohonan atau komunitas tanaman yang hidup di antara laut dan daratan yang dipengaruhi oleh pasang surut (Romimohtarto dan Juwana, 2001).

Secara ekologi Mangrove berfungsi dalam melindungi garis pantai, mencegah intrusi air laut, mendukung perairan pantai, sebagai habitat untuk berbagai jenis fauna, tempat memperoleh makan (*feeding ground*), tempat perawatan dan pemsaraan (*nursery ground*) serta tempat pemijahan (*spawning ground*) bagi aneka biota perairan dan sebagai situs untuk industri ekowisata yang mulai berkembang (Kusuma, 2015).

Pohon bakau adalah jenis dari tanaman mangrove tropis dari genus *Rhizophora*. Pohon bakau dapat tumbuh di lingkungan dengan kadar garam rendah sampai tinggi, terendam air, tanah berpasir, dan sedimen lumpur. Pohon bakau dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar dan arang sedangkan tanin dari kulit kayu digunakan untuk pewarnaan dan kadang-kadang digunakan sebagai obat. Pohon bakau banyak tersebar di wilayah Afrika Timur dan Asia Tenggara, khususnya

Indonesia dan Malaysia (Danarto, *et al.*, 2011).

Secara taksonomi, klasifikasi dari jenis bakau ini adalah

Kingdom : Plantae (tumbuh-tumbuhan)  
Divisi (divisio) : Magnoliophyta (tumbuhan berbunga)  
Kelas (class) : Magnoliopsida (biji berkeping dua / dikotil)  
Bangsa (ordo) : Myrtales  
Suku (family) : Rhizophoraceae  
Marga (genus) : Rhizophora  
Jenis (species) : *Rhizophora mucronata*

(Soenardjo, *et al.*, 2003).

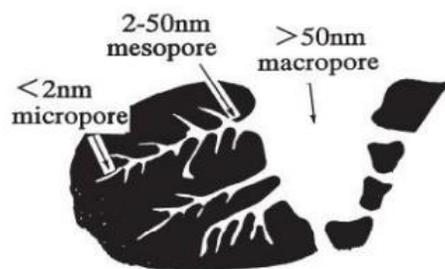
## 2.2 Karbon Aktif

Arang aktif atau karbon aktif adalah padatan dengan bahan dasar karbon yang memiliki pori – pori dengan luas permukaan yang sangat tinggi yaitu diatas 600 m<sup>2</sup>/gram. Arang aktif ini biasanya dapat dibuat dengan pemanasan sehingga menjadi arang (Sahara, *et al.*, 2017). Arang aktif memiliki pori-pori mikro dan makro dengan jumlah, bentuk serta ukuran yang bervariasi. Bentuk pori bisa berupa silinder, empat persegi panjang atau tidak beraturan dengan ukuran diameter antara 10 – 100.000 Å (Sudrajat dan Pari, 2011). Menurut SNI karbon aktif yang baik mempunyai persyaratan yang tertera pada Tabel 1 berikut ini.

**Tabel 1.** Persyaratan Karbon Aktif Menurut SNI No.06-3730-1995

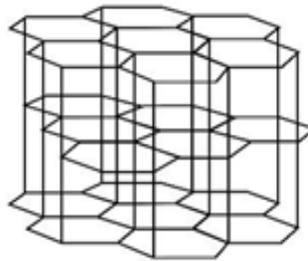
Jenis Persyaratan	Parameter
Kadar air	Maks. 15%
Kadar abu	Maks. 10%
Kadar zat terbang	Maks. 25%
Karbon aktif murni	Min. 65%
Daya serap terhadap iod	Min. 750 mg/g

Karbon aktif dapat dibuat dengan bahan yang mengandung karbon. Daya serap ditentukan oleh luas permukaan partikel dan kemampuan ini dapat menjadi lebih tinggi jika karbon tersebut dilakukan aktivasi dengan aktivator bahan-bahan kimia ataupun dengan pemanasan pada temperatur tinggi, dengan demikian karbon mengalami perubahan sifat-sifat fisika dan kimia, karbon yang mengalami perubahan tersebut dinamakan dengan karbon aktif (Sembiring dan Sinaga, 2003). Berikut merupakan skema struktur pori karbon aktif yang dapat dilihat pada Gambar 1.

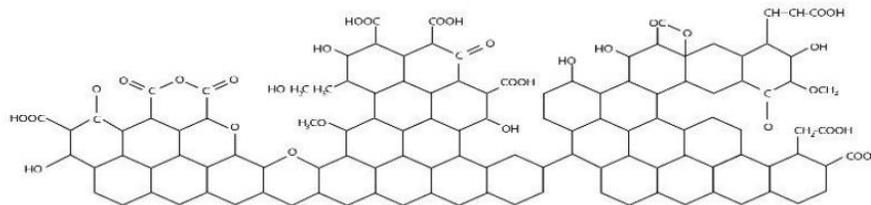
**Gambar 1.** Skema Struktur Pori Karbon Aktif (Manocha, 2003).

Arang aktif mempunyai struktur berupa jaringan berpilin dari lapisan-lapisan karbon yang tidak sempurna, yang dihubungsilangkan oleh suatu jembatan alifatik. Luas permukaan, dimensi dan distribusi atom-atom karbon penyusun struktur arang aktif sangat tergantung pada bahan baku, kondisi karbonasi dan proses aktivasinya (Kyotani, 2000).

Arang aktif berbentuk amorf yang terdiri dari plat datar dimana atom-atom karbon tersusun dan terikat secara kovalen dalam kisi heksagonal (Giles dan Loehr, 1994). Hasil penelitian karbon aktif dengan sinar X menunjukkan adanya bentuk kristal yang sangat kecil dengan struktur grafit seperti digambarkan pada Gambar 2 (Sontheimer, 1985). Sedangkan struktur kimia karbon aktif dapat dilihat pada Gambar 3.



**Gambar 2.** Struktur Grafit Karbon Aktif (Sontheimer, 1985).



**Gambar 3.** Struktur Kimia Karbon Aktif (Sontheimer, 1985).

### 2.3 Proses Pembuatan Karbon Aktif

Proses pembuatan karbon aktif terdiri dari dua tahap yaitu proses karbonisasi dan proses aktivasi. Proses karbonisasi sempurna adalah pemanasan bahan baku tanpa adanya udara sampai temperatur tinggi untuk mengeringkan dan menguapkan senyawa selain karbon. Pada proses ini terjadi dekomposisi termal dari bahan yang mengandung karbon dan menghilangkan proses non karbonnya. Proses aktivasi

adalah dilakukannya suatu perlakuan dengan tujuan memperbesar pori dengan memecah ikatan hidrokarbon atau mengoksidasi molekul-molekul permukaan sehingga arang mengalami perubahan sifat secara fisik atau kimia seperti bertambahnya diameter pori yang mengakibatkan daya absorpsinya semakin besar (Sembiring dan Sinaga, 2003).

Proses aktivasi arang dapat dilakukan dengan cara aktivasi fisika atau kimia. Aktivasi fisika adalah proses mengembangkan struktur pori dan memperbesar luas permukaan arang aktif dengan bantuan panas, uap oksigen dan nitrogen. Aktivasi kimia adalah proses penukaran ion-ion rantai karbon dari senyawa organik dengan pemakaian bahan-bahan kimia sehingga kapasitas adsorpsi arang meningkat (Manocha, 2003). *Activating agent* akan mengoksidasi karbon dan merusak bagian dalam karbon sehingga akan terbentuk pori dan meningkatkan daya adsorpsi. Aktivasi kimia oleh agen kimia seperti  $ZnCl_2$ ,  $KOH$  dan  $H_3PO_4$  adalah cara yang lebih disukai karena dapat menghasilkan luas permukaan karbon aktif yang lebih besar dengan menggunakan suhu operasional yang rendah (Ponkarthikeyan dan Sutha, 2017).

## **2.4 Bentuk Karbon Aktif**

Menurut Manocha (2003) karbon aktif merupakan produk yang kompleks dan sulit untuk diklasifikasikan berdasarkan perilaku, karakteristik permukaan, dan cara pembuatannya. Namun demikian, untuk beberapa klasifikasi secara umum telah dibuat berdasarkan pada karakteristik fisik dari karbon aktif yaitu antara lain :

### **2.4.1 Karbon Aktif Serbuk**

Karbon aktif serbuk umumnya diproduksi dari bahan baku yang mempunyai struktur yang lemah. Jenis ini memiliki ukuran rata-rata  $15\ \mu m - 25\ \mu m$ . Karbon aktif serbuk digunakan pada pengolahan air untuk air minum dan air limbah. Biasanya

karbon aktif serbuk digunakan dalam fase cair yang berfungsi untuk memindahkan zat-zat pengganggu yang menyebabkan warna dan bau yang tidak diharapkan.

#### **2.4.2 Karbon Aktif Granul**

Jenis ini biasanya diproduksi dari bahan baku yang memiliki struktur keras seperti tempurung kelapa, tulang, dan batubara. Ukuran partikel karbon aktif granul berbeda-beda tergantung pada aplikasinya. Biasanya digunakan pada fase gas yang berfungsi untuk memperoleh kembali pelarut, pemisahan, dan pemurnian gas. Untuk aplikasi pada fase gas ukuran granul yang sering digunakan adalah 4 mm – 6 mm.

#### **2.4.3 Karbon Aktif Fiber**

Karbon aktif fiber memiliki ukuran yang lebih kecil dari karbon aktif serbuk. Sebagian besar memiliki ukuran diameter rata-rata 7  $\mu\text{m}$  – 15  $\mu\text{m}$ . Aplikasi karbon aktif fiber biasanya digunakan dalam bidang perlakuan udara seperti penangkapan larutan.

#### **2.4.4 Karbon Aktif Molecular Sieves**

Aplikasi utama karbon aktif jenis ini adalah pada proses pemisahan nitrogen dan oksigen dalam udara. Karbon aktif molecular sieves merupakan suatu material yang menarik sebagai model karbon aktif karena memiliki ukuran yang kecil dan seragam.

### **2.5 Proses Aktivasi Karbon Aktif**

Pada proses aktivasi karbon aktif dapat dilakukan secara fisika dan secara kimia.

Proses-proses tersebut, yaitu:

#### **2.5.1 Proses Aktivasi secara Fisika**

Proses aktivasi dilakukan dengan mengalirkan uap atau udara pada suhu 800-1000 °C. Aktivasi ini merupakan proses pemutusan rantai karbon dari senyawa organik dengan bantuan panas, uap dan CO<sub>2</sub>. Umumnya arang dipanaskan dalam

tanur pada temperatur 800-900°C. Oksidasi dengan udara pada temperatur rendah merupakan reaksi eksoterm sehingga sulit untuk mengontrolnya. Sedangkan pemanasan dengan uap atau CO<sub>2</sub> pada temperatur tinggi merupakan reaksi endoterm, sehingga lebih mudah dikontrol dan paling umum digunakan. Beberapa bahan baku lebih mudah untuk diaktivasi jika diklorinasi terlebih dahulu. Selanjutnya dikarbonisasi untuk menghilangkan hidrokarbon yang terklorinasi dan akhirnya diaktivasi dengan uap. Juga memungkinkan untuk memperlakukan arang kayu dengan uap belerang pada temperatur 500° C dan kemudian desulfurisasi dengan H<sub>2</sub> untuk mendapatkan arang dengan aktivitas tinggi. Dalam beberapa bahan arang yang diaktivasi dengan pencampuran bahan kimia, diberikan aktivasi kedua dengan uap untuk memberikan sifat fisika tertentu.

### **2.5.2 Proses Aktivasi secara Kimia**

Aktivasi ini merupakan proses pemutusan rantai karbon dari senyawa organik dengan pemakaian bahan-bahan kimia. Aktivator yang digunakan adalah bahan- bahan kimia seperti: hidroksida logam alkali garam-garam karbonat, klorida, sulfat, fosfat dari logam alkali tanah dan khususnya ZnCl<sub>2</sub>, asam-asam anorganik seperti H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dan H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>.

Proses ini dilakukan dengan merendam bahan baku pada bahan kimia seperti H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>, ZnCl<sub>2</sub>, HCl, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, CaCl<sub>2</sub>, K<sub>2</sub>S, NaCl, dan lain-lain. Arang aktif mengandung unsur selain karbon yang terikat secara kimiawi, yaitu hidrogen dan oksigen. Kedua unsur tersebut berasal dari bahan baku yang tertinggal akibat tidak sempurnanya karbonisasi atau dapat juga terjadi ikatan pada proses aktivasi.

Adanya hidrogen dan oksigen mempunyai pengaruh yang besar pada sifat-sifat arang aktif. Unsur unsur ini berkombinasi dengan unsur-unsur atom karbon membentuk gugus fungsional misalnya: gugus karboksilat, gugus hidroksi fenol, gugus kuinon tipe karbonil, gugus normalakton, lakton tipe fluorescence, asam

karboksilat anhidrida dan peroksida siklis (Sudibandriyo dan Lidya, 2011).

## 2.6 Zat Warna

Molekul zat warna merupakan gabungan dari zat organik tidak jenuh dengan kromofor sebagai pembawa warna. Zat organik tidak jenuh yang dijumpai dalam pembentukan zat warna adalah senyawa aromatik antara lain senyawa hidrokarbon aromatik dan turunannya, fenol dan turunannya serta senyawa senyawa hidrokarbon yang mengandung nitrogen (Manurung, *et al.*, 2004). Proses timbulnya warna adalah akibat adanya adsorpsi radiasi elektromagnetik pada panjang gelombang tertentu pada spektrum sinar tampak oleh suatu zat (Yahdiana, 2011)

Zat pewarna buatan atau sintetis dapat dibuat dengan reaksi kimia dengan bahan dasar arang, batu bara atau minyak bumi yang merupakan hasil senyawa turunan hidrokarbon aromatik seperti benzena, naftalena dan antrasena. Pada awalnya proses pewarnaan tekstil menggunakan zat warna alam. Namun, seiring kemajuan teknologi dengan ditemukannya zat warna sintetis untuk tekstil maka semakin terkikis oleh penggunaan zat warna alam. Keunggulan zat warna sintetis adalah lebih mudah diperoleh, ketersediaan warna terjamin, jenis warna bermacam-macam, dan lebih praktis dalam penggunaannya.

Banyak pewarna sintetis yang sulit didegradasi secara alami. Dengan demikian, zat pewarna sering resisten terhadap cahaya, suhu dan bakteri yang terjadi secara alami. Daya lekat zat warna dalam air (kurang dari 1 ppm) sangat terlihat dan mempengaruhi manfaat estetika dari sungai dan sumber air lainnya (Majedi *et al.*, 2014). Contoh zat pewarna sintetis dapat dilihat pada Gambar 4.



**Gambar 4.** Contoh Zat Pewarna Sintetis (Majedi, *et al.*, 2014).

## 2.7 Limbah Tekstil

Limbah tekstil mengandung bahan-bahan yang berbahaya bila dibuang ke lingkungan, terutama daerah perairan. Di bantaran sungai atau kali sering dijumpai perairan yang tercemar oleh limbah tekstil. Cemaran ini ditandai dengan perubahan warna perairan menjadi merah, biru dan sebagainya yang berasal dari limbah tekstil tersebut. Sebagian besar bahan yang terdapat dalam limbah tekstil adalah zat warna, terutama zat warna sintetik. Zat warna sintetik merupakan molekul dengan sistem elektron terdelokalisasi dan mengandung dua gugus yaitu kromofor dan aoksokrom (Ramachandran, *et al.*, 2009).

Pengolahan limbah tekstil dapat dilakukan secara fisika, kimia, dan biologi. Proses fisika yang digunakan dalam pengolahan limbah adalah proses penyaringan dan adsorpsi. Penyaringan merupakan proses pemisahan padat-cair melalui suatu alat penyaring, sedangkan proses adsorpsi dilakukan dengan penambahan adsorben seperti zeolit, karbon aktif, serbuk gergaji. Pengolahan limbah cair dengan cara adsorpsi dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu ukuran partikel, pH dan lama waktu kontak antara adsorben dengan bahan pencemar (Mattioli, *et al.*, 2002).

## 2.8 Adsorpsi

Adsorpsi atau penjerapan adalah suatu proses yang terjadi ketika suatu fluida, cairan maupun gas, terikat pada suatu padatan atau cairan (zat penjerap, adsorben) dan akhirnya membentuk suatu lapisan tipis atau film (zat terjerap, adsorbat) pada permukaannya. Berbeda dengan absorpsi yang merupakan penyerapan fluida oleh fluida lainnya dengan membentuk suatu larutan (Ginting, 2008). Adsorpsi dipengaruhi oleh sifat fisika dan kimia adsorben seperti ukuran molekul adsorbat, karakteristik adsorbat, waktu pengadukan, konsentrasi adsorbat, suhu, pH dan luas permukaan adsorben (Saepudin, 2009).

### 2.8.1 Jenis Adsorpsi

Berdasarkan interaksi molekular antara permukaan adsorben dengan adsorbat, adsorpsi dibedakan 2 jenis yaitu:

#### a. Adsorpsi Fisika

Adsorpsi fisika merupakan adsorpsi yang terjadi karena adanya gaya *Van der Waals*. Gaya *Van der Waals* adalah gaya tarik-menarik yang relatif lemah antara adsorbat dengan permukaan adsorben. Pada adsorpsi fisika, adsorbat tidak terikat kuat pada adsorben sehingga adsorbat dapat bergerak dari suatu bagian permukaan adsorben ke bagian permukaan adsorben lainnya dan pada permukaan yang ditinggalkan oleh adsorbat tersebut dapat digantikan oleh adsorbat lainnya. Adsorpsi fisika merupakan peristiwa reversibel sehingga jika kondisi operasinya diubah, maka akan membentuk kesetimbangan yang baru. Proses adsorpsi fisika terjadi tanpa memerlukan energi aktivasi. Ikatan yang terbentuk dalam adsorpsi ini dapat diputuskan dengan mudah yaitu dengan pemanasan pada temperatur sekitar 150–200<sup>0</sup>C selama 2-3 jam 6.

## **b. Adsorpsi Kimia**

Adsorpsi kimia merupakan adsorpsi yang terjadi karena terbentuknya ikatan kimia antara molekul-molekul adsorbat dengan adsorben. Ikatan yang terbentuk merupakan ikatan yang kuat sehingga lapisan yang terbentuk merupakan lapisan monolayer. Pada adsorpsi kimia yang terpenting adalah spesifikasi dan kepastian pembentukan monolayer sehingga pendekatan yang digunakan adalah dengan menentukan kondisi reaksi. Oleh karena itu, untuk melakukan proses adsorpsi dibutuhkan energi yang lebih tinggi untuk memutuskan ikatan yang terjadi antara adsorben dengan adsorbat (Treyball, 1981).

### **2.8.2 Mekanisme Penyerapan Adsorben**

Menurut Reynold (1982), mekanisme penyerapan adsorben terhadap zat terlarut terbagi menjadi 4 tahap diantaranya :

- a. Transfer molekul-molekul zat terlarut yang teradsorpsi menuju lapisan film yang mengelilingi adsorben.
- b. Difusi zat terlarut yang teradsorpsi melalui lapisan film yang mengelilingi adsorben (film diffusion process).
- c. Difusi zat terlarut yang teradsorpsi melalui kapiler atau pori dalam adsorben (pore diffusion process).
- d. Adsorpsi zat terlarut yang teradsorpsi pada dinding pori atau permukaan adsorben.

### **2.8.3 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Adsorpsi**

Berikut ini merupakan faktor-faktor yang mempengaruhi daya adsorpsi suatu adsorben (Treyball, 1981).

### **a. Jenis Adsorbat**

#### 1. Ukuran Molekul Adsorbat

Ukuran molekul merupakan hal yang sangat penting diperhatikan supaya proses adsorpsi dapat terjadi dan berjalan dengan baik. Ukuran molekul adsorbat nantinya mempengaruhi ukuran pori dari adsorben yang digunakan. Molekul-molekul adsorbat yang dapat diadsorpsi adalah molekul-molekul yang diameternya lebih kecil dari diameter pori adsorben.

#### 2. Kepolaran Zat

Sifat kepolaran dari adsorbat dan adsorben juga mempengaruhi proses adsorpsi. Misalnya karbon aktif, adsorpsi lebih kuat terjadi pada molekul polar dibandingkan dengan molekul non-polar pada kondisi diameter yang sama.

### **b. Karakteristik Adsorben**

#### 1. Kemurnian Adsorben

Sebagai zat yang digunakan untuk mengadsorpsi, maka adsorben yang lebih murni lebih diinginkan karena memiliki kemampuan adsorpsi yang lebih baik.

#### 2. Luas Permukaan dan Volume Pori Adsorben

Jumlah molekul adsorbat yang teradsorpsi meningkat dengan bertambahnya luas permukaan dan volume pori adsorben. Dalam proses adsorpsi, adsorben sering kali ditingkatkan luas permukaannya karena luas permukaan adsorben merupakan salah satu faktor utama yang mempengaruhi proses adsorpsi.

### **c. Temperatur**

Berdasarkan prinsip Le Chatelier, maka proses adsorpsi yang merupakan proses eksoterm, dengan peningkatan temperatur pada tekanan tetap akan mengurangi jumlah senyawa yang teradsorpsi.

### **d. Tekanan Adsorbat**

Untuk setiap jenis adsorpsi berdasarkan interaksi molekular yang terjadi, tekanan adsorbat akan mempengaruhi jumlah molekul adsorbat. Pada adsorpsi fisika, bila tekanan adsorbat meningkat, jumlah molekul adsorbat akan bertambah. Namun pada adsorpsi kimia, jumlah molekul adsorbat akan berkurang bila tekanan adsorbat meningkat.

## **2.9 Validasi Metode**

Validasi metode analisis adalah suatu tindakan penilaian terhadap parameter tertentu, berdasarkan percobaan laboratorium, untuk membuktikan bahwa parameter tersebut memenuhi persyaratan untuk penggunaannya. Validasi metode analisis bertujuan untuk mengkonfirmasi bahwa metode analisis tersebut dapat sesuai untuk peruntukannya (Gandjar dan Rohman, 2007). Validasi metode dilakukan untuk menjamin bahwa metode analisis akurat, spesifik, reproduisibel dan tahan pada kisaran analit yang akan dianalisis (Gandjar dan Rohman, 2014).

Parameter validasi metode antara lain :

### **2.9.1 Linieritas**

Linieritas merupakan kemampuan metode analisis yang memberikan respon baik secara langsung maupun dengan bantuan transformasi matematika, menghasilkan suatu hubungan yang proporsional terhadap konsentrasi analit dalam sampel (Harmita, 2004).

Linieritas dapat diukur dengan melakukan pengukuran tunggal pada konsentrasi yang berbeda-beda. Data yang diperoleh selanjutnya diproses dengan metode kuadrat terkecil, untuk selanjutnya dapat ditentukan nilai kemiringan (*slope*), *intersep*, dan koefisien korelasinya (Gandjar dan Rohman, 2014).

### 2.9.2 Batas Deteksi (*Limit of Detection*) dan Batas Kuantitasi (*Limit of Quantitation*)

Batas deteksi merupakan jumlah terkecil analit dalam sampel yang dapat dideteksi yang masih memberikan respon signifikan, sedangkan batas kuantitasi merupakan kuantitas terkecil analit dalam sampel yang masih dapat memenuhi kriteria cermat dan seksama (Harmita, 2004). Batas deteksi dan batas kuantifikasi dapat dihitung dengan mengukur respon blanko beberapa kali lalu dihitung simpangan blanko, yaitu dengan menggunakan persamaan berikut :

$$\text{LoD} = \frac{3 \times S_b}{\text{SI}}$$

$$\text{LoQ} = \frac{10 \times S_b}{\text{SI}}$$

Keterangan :

LoD : limit deteksi

LoQ : limit kuantifikasi

Sb : simpangan baku respon analitik dari blanko

SI : arah garis (kepekaan arah) dari kurva antar respon  
terhadap konsentrasi = slope (b pada persamaan garis  $y = a + bx$ )

### 2.9.3 Presisi

Presisi merupakan ukuran yang menunjukkan derajat kesesuaian antara hasil uji individu ketika suatu metode dilakukan secara berulang untuk sampel yang homogen. Keseksamaan atau presisi diukur sebagai simpangan baku atau simpangan baku relatif (koefisien variasi) (Harmita, 2004). Metode ini menggunakan persamaan berikut :

$$SD = \sqrt{\frac{\sum(x - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

Keterangan :

SD : Standar Deviasi (simpangan baku)

x : konsentrasi hasil analisis

n : jumlah pengulangan analisis

$\bar{x}$  : konsentrasi rata-rata hasil analisis

$$RSD = \frac{SD}{\bar{x}} \times 100\%$$

Keterangan :

RSD : Relatif Standar Deviasi (%)

SD : Standar Deviasi (simpangan baku)

$\bar{x}$  : konsentrasi rata-rata hasil analisis

#### **2.9.4 Akurasi (kecermatan)**

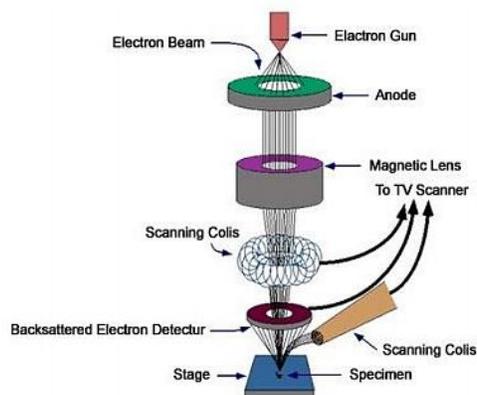
Kecermatan adalah ukuran yang menunjukkan derajat kedekatan hasil analisis dengan kadar analit yang sebenarnya. Kecermatan dinyatakan sebagai persen perolehan kembali (*recovery*) analit yang ditambahkan. Kecermatan ditentukan dengan dua cara, yaitu: metode simulasi (*Spiked-placebo recovery*) dan metode penambahan baku (*standard addition method*).

## 2.10 Karakterisasi dan Instrumentasi

### 2.10.1 *Scanning Electron Microscopy- Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy (SEM-EDX)*

Scanning Electron Microscope merupakan suatu alat yang digunakan untuk mengetahui morfologi permukaan sampel arang aktif. SEM dapat mengamati struktur maupun bentuk permukaan yang berskala lebih halus, dilengkapi dengan EDX (*Electron Dispersive X ray Spectroscopy*) yang dapat mendeteksi unsur- unsur dalam material. *Energy Dispersive X ray Spectrometer (EDX)* merupakan alat yang digunakan untuk mengetahui komposisi unsur dari suatu material. EDX dapat digunakan untuk menganalisa secara kuantitatif dari persentase masing- masing elemen dan dapat juga membuat pemetaan elemen dengan memberikan warna berbeda-beda dari masing-masing elemen di permukaan bahan (Akar, 2013).

Prinsip kerja EDX yaitu analisis kualitatif yang dilakukan dengan cara menentukan energi dan puncak yang ada dalam spektrum dan membandingkan dengan tabel energi emisi sinar-X dari unsur-unsur yang sudah diketahui selain mengetahui keberadaan suatu unsur dalam sampel, hasil analisis EDX juga dapat menunjukkan konsentrasi unsur tersebut (Larry, 2001). Berikut merupakan prinsip kerja SEM yang dapat dilihat pada Gambar 5.



**Gambar 5.** Prinsip Kerja SEM (Schweitzer, 2014).

SEM digunakan untuk mengamati batas butir, distribusi, batas fase, bukti adanya deformasi mekanik dan komposisi kimia yang memiliki perbesaran 200.000 kali untuk mengamati ketebalan dari 200 Å sampai 0,5 µm (Mursal, 2017).

Adapun fungsi utama dari SEM antara lain dapat digunakan untuk mengetahui informasi-informasi mengenai:

- Topografi, yaitu ciri-ciri permukaan dan teksturnya (kekerasan, sifat memantulkan cahaya, dan sebagainya).
- Morfologi, yaitu bentuk dan ukuran dari partikel penyusun objek (kekuatan, cacat pada *Integrated Circuit (IC)* dan *chip*, dan sebagainya).
- Komposisi, yaitu data kuantitatif unsur dan senyawa yang terkandung di dalam objek (titik lebur, kereaktifan, kekerasan, dan sebagainya).
- Informasi kristalografi, yaitu informasi mengenai bagaimana susunan dari butir-butir di dalam objek yang diamati (konduktivitas, sifat elektrik, kekuatan, dan sebagainya) (Prasetyo, 2011).

Morfologi senyawa dalam bentuk padatan dan komposisi unsur dalam sampel yang berbentuk serbuk dapat diketahui dengan menggunakan instrumen SEM-EDX (*Scanning Electron Microscopy- Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy*). *Scanning Electron Microscopy (SEM)* menggunakan sinar terfokus elektron berenergi tinggi untuk menghasilkan berbagai sinyal pada permukaan spesimen padat. Sinyal yang berasal dari interaksi sampel elektron mengungkapkan informasi tentang sampel termasuk morfologi eksternal (tekstur), komposisi kimia dan struktur kristal dan orientasi bahan yang membentuk sampel.

### **2.10.2 Spektrofotometer UV-Vis**

Spektrofotometer merupakan alat yang digunakan untuk mengukur absorbansi dengan cara melewatkan cahaya dengan panjang gelombang tertentu pada suatu objek kaca atau kuarsa yang disebut kuvet. Sebagian dari cahaya tersebut akan diserap dan sisanya akan dilewatkan. Nilai absorbansi dari cahaya yang diserap

sebanding dengan konsentrasi larutan di dalam kuvet (Sastrohamidjojo, 2007)

Spektrofotometer menghasilkan sinar dari spektrum dengan panjang gelombang tertentu dan fotometer adalah alat pengukur intensitas cahaya yang ditransmisikan atau diabsorpsi. Jadi spektrofotometer digunakan untuk mengukur energi relatif jika energi tersebut ditransmisikan, direfleksikan atau diemisikan sebagai fungsi panjang gelombang. Kelebihan spektrofotometer dengan fotometer adalah panjang gelombang dari sinar putih dapat lebih dideteksi dan cara ini diperoleh dengan alat pengurai seperti prisma, grating atau celah optis. Pada fotometer filter dari berbagai warna yang mempunyai spesifikasi melewatkan trayek pada panjang gelombang tertentu (Gandjar dan Rohman, 2007).

Spektrofotometri UV-Vis adalah metode analisis kimia instrumental yang berdasarkan pada interaksi energi radiasi elektromagnetik pada daerah ultraviolet (panjang gelombang 200-380 nm) dan daerah sinar tampak (panjang gelombang 380-780 nm) dengan materi berupa atom atau molekul dalam suatu senyawa kimia. Ketika suatu atom dipaparkan radiasi elektromagnetik, maka molekul tersebut akan mengadsorpsi radiasi elektromagnetik yang energinya sesuai. Apabila suatu molekul menyerap radiasi ultraviolet, maka di dalam molekul terjadi perpindahan elektron dari tingkat energi lebih rendah ke tingkat energi yang lebih tinggi (transisi elektronik) dan adsorpsi tersebut menghasilkan garis spektrum yang disebut spektrum UV-Vis atau spektrum elektronik (Mulja dan Syahrani, 1990).

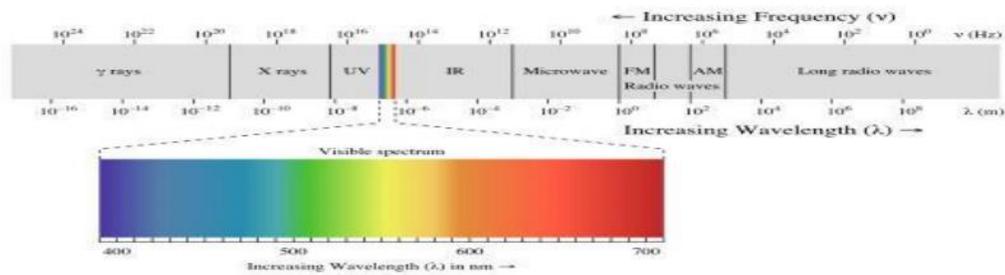
Cahaya/sinar tampak terdiri dari suatu bagian sempit kisaran panjang gelombang dari radiasi elektromagnetik dimana mata manusia sensitif. Radiasi dari panjang gelombang yang berbeda ini dirasakan oleh mata kita sebagai warna berbeda, sedangkan campuran dari semua panjang gelombang tampak seperti sinar putih, memiliki panjang gelombang mencakup 400-700 nm. Panjang gelombang dari berbagai warna dapat dilihat pada Tabel 2.

**Tabel 2.** Panjang Gelombang untuk Setiap Jenis Warna

Jenis Sinar	Panjang Gelombang (nm)
Ultraviolet	< 400
Violet	400-450
Biru	450-500
Hijau	500-570
Kuning	570-590
Oranye	590-620
Merah	620-760
Infra merah	>760

(Day dan Underwood., 2002).

Berikut merupakan spektrum gelombang elektromagnetik lengkap yang dapat dilihat pada Gambar 6. Sedangkan tabel spektrum cahaya tampak dan warna-warna komplementer dapat dilihat pada Tabel 3.

**Gambar 6.** Spektrum Gelombang Elektromagnetik Lengkap (Harvey, 2000).

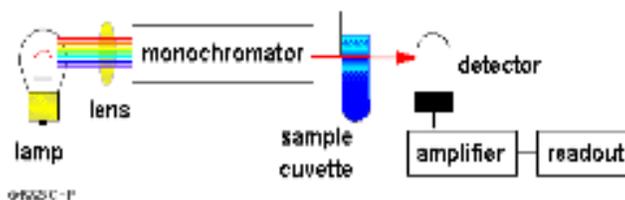
**Tabel 3.** Spektrum Cahaya Tampak dan Warna-warna Komplementer

Panjang gelombang (nm)	Warna yang teradsorpsi	Warna tertransmisi (komplemen)
400-435	Violet	Kuning-Hijau
435-480	Biru	Kuning
480-490	Hijau-Biru	Oranye
490-500	Biru – Hijau	Merah
500-560	Hijau	Ungu
560-580	Kuning – hijau	Violet
580-595	Kuning	Biru
595-610	Oranye	Hijau - biru
610-750	Merah	Biru-Hijau

(Day dan Underwood., 2002).

### a. Prinsip Kerja Spektrofotometri

Prinsip kerja Spektrofotometri adalah bila cahaya (monokromatik) jatuh pada suatu medium homogen, sebagian dari sinar masuk akan dipantulkan sebagian diserap dalam medium itu dan sisanya diteruskan. Nilai yang keluar dari cahaya yang diteruskan dinyatakan dalam nilai absorbansi karena memiliki hubungan dengan konsentrasi sampel (Gandjar dan Rohman, 2007). Berikut merupakan cara kerja spektrofotometer dapat dilihat pada Gambar 7.

**Gambar 7.** Cara Kerja Spektrofotometer (Suhartati, 2013).

Spektrum elektromagnetik dibagi dalam beberapa daerah cahaya. Suatu daerah akan diabsorpsi oleh atom atau molekul dan panjang gelombang cahaya yang diabsorpsi dapat menunjukkan struktur senyawa yang diteliti. Spektrum elektromagnetik

meliputi suatu daerah panjang gelombang yang luas dari sinar gamma gelombang pendek berenergi tinggi sampai pada panjang gelombang mikro (Marzuki, 2012).

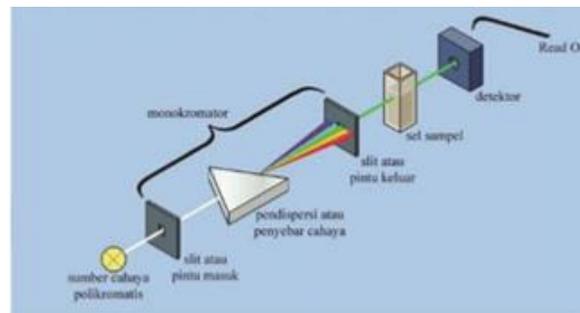
Spektrum absorpsi dalam daerah-daerah ultra ungu dan sinar tampak umumnya terdiri dari satu atau beberapa pita absorpsi yang lebar, semua molekul dapat menyerap radiasi dalam daerah UV-tampak. Oleh karena itu mereka mengandung elektron, baik yang dipakai bersama atau tidak, yang dapat dieksitasi ke tingkat yang lebih tinggi. Panjang gelombang pada waktu absorpsi terjadi tergantung pada bagaimana erat elektron terikat di dalam molekul. Elektron dalam satu ikatan kovalen tunggal erat ikatannya dan radiasi dengan energi tinggi, atau panjang gelombang pendek, diperlukan eksitasinya (Wunas, 2011).

## **b. Tipe Spektrofotometer**

Spektrofotometer memiliki 2 tipe yaitu spektrofotometer sinar tunggal dan spektrofotometer sinar ganda. Spektrofotometer sinar tunggal biasanya dipakai untuk kawasan spektrum ultra ungu dan cahaya yang terlihat. Spektrofotometer sinar ganda dapat dipergunakan baik dalam kawasan ultra ungu dan cahaya yang terlihat maupun dalam kawasan inframerah (Gandjar dan Rohman, 2007).

### ***1. Single Beam***

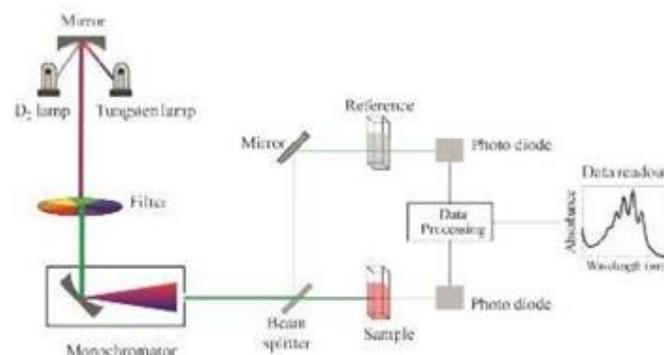
Single Beam instrument dapat digunakan untuk kuantitatif dengan mengukur absorbansi pada panjang gelombang tunggal. Pengukuran sampel dan larutan blanko atau standar harus dilakukan secara bergantian dengan sel yang sama (Suhartati, 2013). Diagram spektrometer UV-Vis dapat dilihat pada Gambar 8.



**Gambar 8.** Diagram Alat Spektrometer UV-Vis (Single-beam) (Suhartati, 2017).

## 2. Double Beam

Spektrofotometer memiliki berkas sinar ganda, sehingga dalam pengukuran absorbansi tidak perlu bergantian antara sampel dan larutan blanko, spektrofotometer double beam memakai absorbansi ( $A$ ) otomatis sebagai fungsi panjang gelombang (Suhartati, 2013). Skema spektrofotometer UV-Vis (Double-beam) dapat dilihat pada Gambar 9.



**Gambar 9.** Skema spektrofotometer UV-Vis (Double-beam) (Suhartati, 2017).

### **III. METODE PENELITIAN**

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

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Februari 2021 - Juni 2021 di Laboratorium Kimia Analitik dan Instrumentasi Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung. Analisis optimasi karbon dengan adsorpsi larutan pewarna tekstil ungu (kode 4) menggunakan spektrofotometer UV-Vis dilakukan di Laboratorium Kimia Analitik dan Instrumentasi Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung. Analisis morfologi permukaan dan komposisi unsur pada karbon aktif menggunakan *Scanning Electron Microscope* yang dirangkai dengan *Energi Dispersive X-Ray* (SEM-EDX) dilakukan di Laboratorium Terpadu dan Sentra Inovasi Teknologi (LTSIT) Universitas Lampung.

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

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah peralatan gelas laboratorium yang umum digunakan, spatula, neraca analitik, pengaduk magnetik, cawan porselin, ayakan 106 *Mesh*, oven, kaleng bekas, pH meter, tanur tipe Heraus KR170E0, *Scanning Electron Microscopy-Energi Dispersive X-Ray* (SEM-EDX) tipe JEOL-JSM-6510LA dan spektrofotometer UV-Vis Hitachi U-2010.

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah kayu bakau, spritus (metanol), pewarna tekstil ungu (kode 4),  $\text{H}_3\text{PO}_4$  10%,  $\text{NaOH}$  0,1 M,  $\text{HCl}$  0,1 M, kapas, larutan buffer asetat, larutan buffer fosfat, kertas indikator universal, akuades dan *aluminium foil*.

### **3.3 Prosedur Penelitian**

#### **3.3.1 Preparasi dan Pembuatan Karbon**

Kayu bakau yang diperoleh dari Pantai Dewi Mandapa, Kabupaten Pesawaran, Provinsi Lampung dibersihkan dan dikeringkan dibawah sinar matahari. Kayu bakau yang telah bersih, dikarbonisasi dengan cara dibakar dalam kaleng bekas (secara pirolisis sederhana) selama kurang lebih 3 jam sehingga diperoleh karbon kayu bakau, selanjutnya dihaluskan menggunakan alat penggiling lalu diayak menggunakan pengayak berukuran 106 Mesh. Karbon kayu bakau yang lolos dari ayakan selanjutnya diaktivasi dengan dua cara yaitu aktivasi fisika dan aktivasi kimia.

#### **3.3.2 Aktivasi Karbon**

##### **a. Aktivasi Fisika**

Proses aktivasi secara fisika dilakukan dengan cara menimbang 250 gram karbon yang telah diayak lalu dipanaskan dalam tanur pada suhu  $500^{\circ}\text{C}$  selama 1 jam. Kemudian didinginkan dalam desikator hingga suhu stabil dan diperoleh karbon aktif fisika (CAF) (Khuluk, 2016).

##### **b. Aktivasi Kimia**

Karbon aktif hasil aktivasi fisika diambil sebanyak 100 gram lalu direndam dalam  $\text{H}_3\text{PO}_4$  10% selama 24 jam. Kemudian karbon aktif disaring dan dibilas dengan aquades hingga pH netral dan dikeringkan dalam oven pada suhu  $100^{\circ}\text{C}$  selama 1

jam dan didinginkan dalam desikator hingga suhu stabil dan diperoleh karbon aktif fisika-kimia (CAFK) (Khuluk, 2016).

### 3.3.3 Identifikasi Nilai Mutu Karbon Aktif

#### a. Kadar Air (SNI 06-3730-1995)

Karbon aktif ditimbang 1 gram, lalu dimasukkan ke dalam cawan porselin yang telah dikeringkan dan ditimbang kemudian dimasukkan dalam oven pada suhu 110°C selama 1 jam. Hasil yang diperoleh kemudian didinginkan dalam desikator dan ditimbang. Kadar air dihitung dengan rumus berikut ini.

$$\text{Kadar Air} = \frac{(b-c)}{(b-a)} \times 100 \%$$

Keterangan :

a = Massa cawan (gram)

b = Massa cawan + karbon aktif sebelum pemanasan (gram)

c = Massa cawan + karbon aktif setelah pemanasan (gram)

#### b. Kadar Abu (SNI 06-3730-1995)

Karbon aktif ditimbang sebanyak 2 gram, lalu dimasukkan ke dalam cawan porselin yang telah dikeringkan dan ditimbang kemudian dimasukkan dalam furnace pada suhu 700°C selama 6 jam hingga seluruh karbon aktif menjadi abu. Hasil yang diperoleh kemudian didinginkan dalam desikator dan ditimbang. Kadar abu dihitung dengan rumus berikut ini.

$$\text{Kadar Abu} = \frac{(c-a)}{(b-a)} \times 100 \%$$

Keterangan :

a = Massa cawan (gram)

b = Massa cawan + karbon aktif sebelum pemanasan (gram)

c = Massa cawan + karbon aktif setelah pemanasan (gram)

### c. Kadar Zat Terbang (SNI 06-3730-1995)

Analisis kadar zat terbang karbon aktif dilakukan dengan menimbang karbon aktif sebanyak 1 gram, dimasukkan dalam cawan porselin yang telah dikeringkan dan ditimbang kemudian dimasukkan dalam furnace pada suhu 900°C selama 10 menit. Hasil yang diperoleh kemudian ditimbang dan dihitung dengan rumus berikut ini.

$$\text{Kadar Zat Terbang} = \frac{(b-c)}{(b-a)} \times 100 \%$$

Keterangan:

a = Massa cawan (gram)

b = Massa cawan + karbon aktif sebelum pemanasan (gram)

c = Massa cawan + karbon aktif setelah pemanasan (gram)

### d. Kadar Karbon Murni (SNI 06-3730-1995)

Kadar karbon murni dapat dihitung dengan rumus berikut ini.

$$\text{Kadar Karbon Aktif Murni} = 100 \% - (\text{Kadar Abu} + \text{Kadar Zat Terbang})$$

### e. Daya Serap Karbon Aktif Terhadap Iod (SNI 06-3730-1995)

Karbon aktif sebanyak 0,5 gram dicampurkan dengan 50 mL larutan iodium 0,1 N, lalu diaduk dengan *stirer* selama 15 menit dan disentrifus selama 15 menit dengan kecepatan 2000 rpm. Hasil sentrifus kemudian disaring. Filtrat sebanyak 10 mL dititrasi dengan larutan natrium tiosulfat ( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ) 0,1 N hingga berwarna kuning muda lalu diberi beberapa tetes larutan amilum 1% dan dititrasi kembali hingga warna biru tepat hilang.

Daya serap karbon aktif terhadap iod dapat ditentukan dengan rumus berikut ini.

$$\text{Daya Serap Karbon Aktif terhadap Iod} = \frac{10 - \frac{(V \times N)}{0.1} \times W \times fp}{m}$$

Keterangan:

V = Volume titrasi  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  (mL)

N = Konsentrasi  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  (N)

m = Massa karbon aktif (gram)

fp = Faktor pengenceran

### 3.3.4 Karakterisasi Karbon Aktif

Karbon aktif yang dihasilkan yaitu karbon aktif sebelum aktivasi dan CAFK dikarakterisasi menggunakan SEM untuk mengetahui morfologi permukaan adsorben.

### 3.3.5 Penentuan Panjang Gelombang Maksimum Zat Pewarna Tekstil Ungu

Pada penelitian ini untuk mengetahui panjang gelombang maksimum zat pewarna tekstil ungu dilakukan dengan cara mengukur larutan zat pewarna tekstil ungu (kode 4) dengan konsentrasi 50 ppm pada panjang gelombang 400-800 nm menggunakan spektrofotometer UV-Vis.

### 3.3.6 Validasi Metode

#### a. Uji Linearitas

Dibuat variasi larutan zat pewarna tekstil ungu (kode 4) dengan konsentrasi 1; 3; 5; 7; dan 9 ppm. Kemudian larutan tersebut diukur absorbansinya menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Dibuat persamaan linier hubungan antara konsentrasi dan absorbansi dari nilai absorbansi yang diperoleh. Uji linieritas ditentukan dari nilai R yang diperoleh.

#### b. Uji *Limit of Detection* (LoD) dan *Limit of Quantity* (LoQ)

Penentuan LoD dan LoQ diperoleh dari pengukuran larutan zat pewarna tekstil ungu (kode 4) dengan konsentrasi 1 ppm dan dilakukan duplikasi sebanyak 7 kali. Kemudian hasil pengukuran dihitung berdasarkan persamaan kurva kalibrasi yang diperoleh.

#### c. Uji Presisi

Penentuan presisi dilakukan dengan mengukur konsentrasi larutan zat pewarna tekstil ungu (kode 4) sebanyak 7 kali pengulangan. Kemudian dihitung standar deviasi (SD) dan standar deviasi relatif (RSD) dari data yang diperoleh.

#### d. Uji Akurasi

Penentuan akurasi dilakukan dengan menambahkan sejumlah analit murni ke dalam campuran (CF). Kemudian campuran dianalisis dan hasilnya dibandingkan terhadap kadar analit yang ditambahkan (CA). Jumlah analit yang ditambahkan ke dalam sampel atau selisih antara rata-rata dan nilai sebenarnya yang didapat menunjukkan ketepatan. Ketepatan dihitung sebagai persen *recovery*.

### 3.3.7 Optimasi Karbon Aktif

#### a. Pengaruh Berat Optimum

Sebanyak 0,02; 0,04; 0,06; 0,08 dan 0,1 g karbon aktif dimasukkan masing-masing ke dalam 5 erlenmeyer yang berisi 50 mL larutan zat pewarna tekstil ungu (kode 4) 50 ppm. Kemudian diaduk dengan alat pengaduk selama 1 jam. Setelah itu larutan dipisahkan dengan cara disaring menggunakan kertas saring *Whatman 41*. Filtrat yang diperoleh diukur menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang maksimum zat pewarna tekstil ungu (kode 4).

#### b. Pengaruh pH Optimum

Sebanyak 50 mL larutan zat pewarna tekstil ungu (kode 4) dimasukkan ke dalam 5 erlenmeyer kemudian larutan dibuat pada variasi pH 3; 5; 7; 9 dan 11. Penurunan pH dilakukan dengan penambahan HCl 0,1 M dan peningkatan pH dilakukan dengan penambahan larutan NaOH 0,1 M. Setelah itu ditambahkan larutan buffer pada masing-masing erlenmeyer, buffer asetat untuk mempertahankan pH 3 sampai 6, buffer fosfat untuk mempertahankan pH 7 dan 8 serta buffer universal untuk mempertahankan pH 9 dan 10. Lalu ditambahkan sejumlah karbon aktif sesuai berat optimum yang diperoleh, kemudian larutan diaduk selama 1 jam dengan alat pengaduk. Setelah itu larutan disaring menggunakan kertas saring *Whatman 41*. Filtrat yang diperoleh diukur menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang maksimum zat pewarna tekstil ungu (kode 4).

#### c. Pengaruh Waktu Optimum

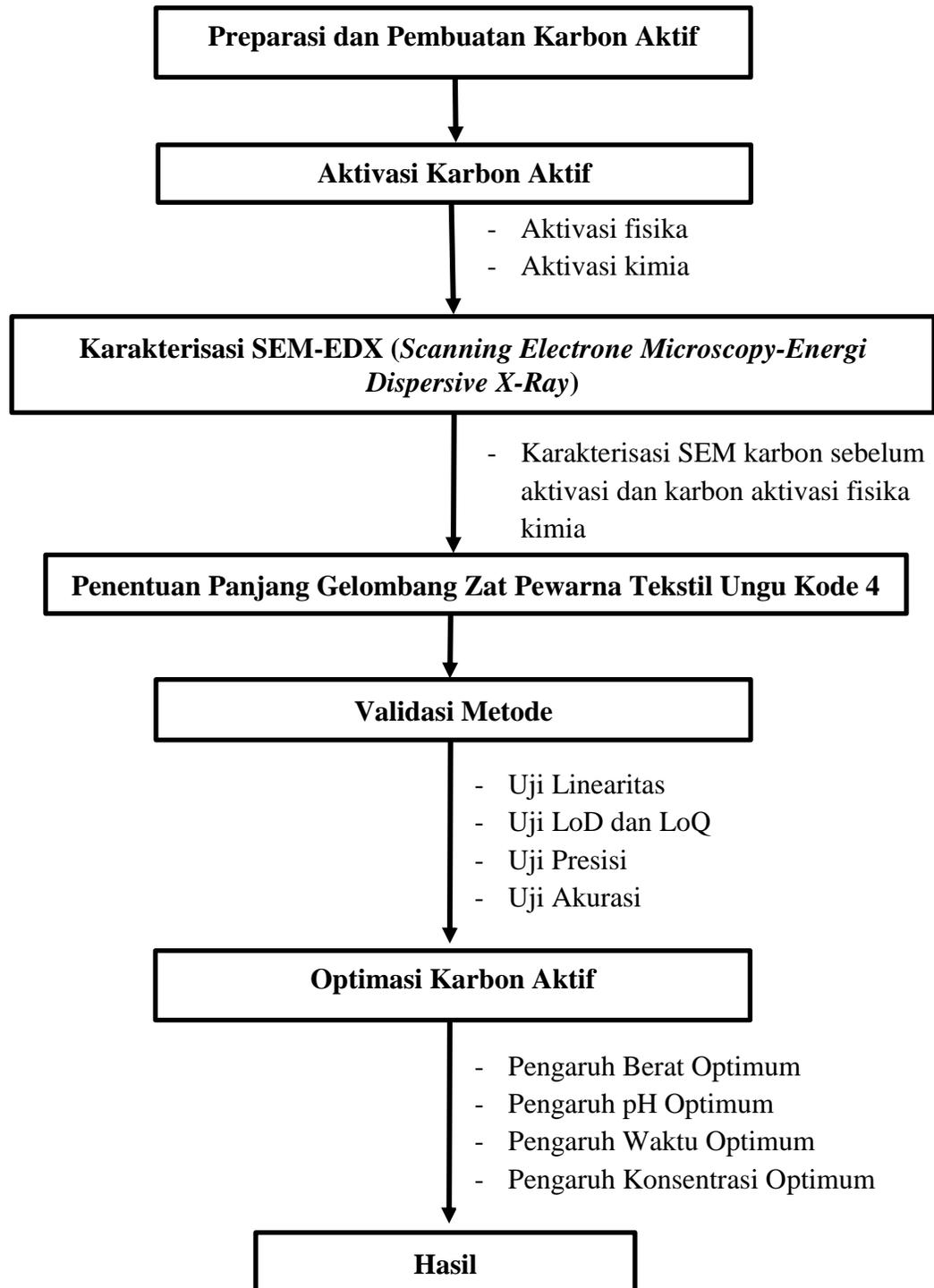
Sebanyak 50 mL larutan zat pewarna tekstil ungu (kode 4) dimasukkan ke dalam 5 erlenmeyer kemudian larutan dibuat pada kondisi pH optimum dan ditambahkan sejumlah karbon aktif sesuai berat optimum yang diperoleh. Kemudian diaduk menggunakan alat pengaduk dengan variasi waktu 0; 30; 60; 90 dan 120 menit. Setelah itu larutan disaring menggunakan kertas saring *Whatman 41*. Filtrat yang

diperoleh diukur menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang maksimum zat pewarna tekstil ungu (kode 4).

#### **d. Pengaruh Konsentrasi Optimum**

Sebanyak 50 mL larutan zat pewarna tekstil ungu (kode 4) dimasukkan ke dalam 5 erlenmeyer kemudian larutan dibuat pada kondisi pH optimum dengan variasi konsentrasi 25; 50; 75; 100 dan 125 ppm dan ditambahkan sejumlah karbon aktif sesuai berat optimum yang diperoleh. Kemudian diaduk menggunakan alat pengaduk selama waktu optimum yang diperoleh. Setelah itu larutan disaring menggunakan kertas saring *Whatman 41*. Filtrat yang diperoleh diukur menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang maksimum zat pewarna tekstil ungu (kode 4).

### 3.4 Diagram Alir



## V. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Pembuatan karbon aktif dari kayu bakau melalui proses preprasi dan aktivasi sehingga diperoleh rendemen 60,4% dengan ciri fisik berbentuk serbuk halus.
2. Hasil karakterisasi SEM-EDX menunjukkan permukaan pori-pori karbon aktif aktivasi fisika kimia (CAFK) terbuka secara sempurna dibandingkan dengan permukaan pori-pori karbon aktif sebelum aktivasi.
3. Adsorpsi pewarna tekstil ungu kode 4 oleh karbon aktif kayu bakau terjadi pada kondisi optimum pH 3 dengan berat adsorben 0,08 g selama 120 menit serta konsentrasi larutan optimum 100 ppm.
4. Kemampuan adsorpsi karbon aktif kayu bakau pada pewarna tekstil ungu kode 4 dapat dikatakan baik karena larutan zat pewarna tekstil telah teradsorpsi cukup baik oleh adsorben karbon aktif.
5. Model isoterm adsorpsi pewarna tekstil ungu kode 4 oleh karbon aktif kayu bakau cenderung mengikuti model isoterm adsorpsi Freundlich dengan nilai koefisien korelasi ( $R^2$ ) sebesar 0,9607.

## 5.2 Saran

Adapun saran yang dapat dilakukan untuk penelitian lebih lanjut yaitu :

1. Melakukan uji terhadap zat pewarna tekstil lain atau lebih baik menggunakan sampel limbah zat pewarna tekstil langsung agar karbon aktif kayu bakau dapat diaplikasikan pada perusahaan tekstil.
2. Melakukan perbandingan karbon aktif kayu bakau yang telah dibuat dengan karbon aktif Merck atau merk lainnya untuk melihat kemampuan adsorpsi karbon aktif kayu bakau ini telah cukup baik atau belum.

## DAFTAR PUSTAKA

- Achmad, A. 2011. Pembuatan, Pencirian, dan Uji Daya Adsorpsi Arang Aktif dari Kayu Meranti Merah (*Shorea sp.*). Skripsi. Program Sarjana Institut Pertanian Bogor (IPB). Bogor.
- Akar, N. 2013. The Relationships among Perceived Job Stressors, Workplace Bullying, and Job Stress in The Health Care Services In Turkey : A Structural Equation Modeling (SEM) Approach. *International Journal of Humanities and Social Science*. Vol. 3 (14). Halaman 248-257.
- AOAC. 2002. Peer Verified Methods Program, Manual on Policies and Procedures. Arlington. USA.
- Apriyanti, H., I N Candra. dan Elvinawati. 2018. Karakterisasi Isoterm Adsorpsi dari Ion Logam Besi (Fe) pada Tanah di Kota Bengkulu. *Jurnal Pendidikan dan Ilmu Kimia*. Vol. 2 (1). Halaman 14-19.
- Astuti, W., Handayani, A.D. dan Wulandari, D.A. 2018. Adsorpsi *Methyl Violet* oleh Karbon Aktif dari Limbah Tempurung Kelapa dengan Aktivator  $ZnCl_2$  Menggunakan Pemanasan Gelombang Mikro. *Jurnal Rekayasa Kimia dan Lingkungan*. Vol. 13 (2). Halaman 189-200.
- Budiono, A. 2010. Pengaruh Aktivasi Arang Tempurung Kelapa dengan Asam Sulfat dan Asam Fosfat untuk Adsorpsi Fenol. Tesis. Program Pascasarjana Universitas Diponegoro. Semarang.
- Chinniagounder, T., Mylsamy, S. dan Sivakumar, N. 2011. Adsorptive Removal of Crystal Violet Dye using Agricultural Waste Cacao (*Theobroma cacao*) Shell. *Research Journal of Chemical Sciences*. Vol. 1(7). Halaman 38-45.
- Danarto, Y.C., Prihananto, S.A. dan Pamungkas, Z.A. 2011. Pemanfaatan Tanin dari Kulit Kayu Bakau Sebagai Pengganti Gugus Fenol pada Resin Fenol Formaldehid. Universitas Negeri Surakarta. Surakarta.

- Day, R.A. dan Underwood, A.L. 2002. Analisis Kimia Kuantitatif Edisi Keenam. Erlangga. Jakarta.
- Faradina, E dan Setiawati, N. 2010. Regenerasi Minyak Jelantah dengan Proses *Bleaching* Menggunakan Adsorben Arang Aktif. Laporan Penelitian. Universitas Lambung Mangkurat. Banjarbaru.
- Fessenden, J. dan J.S Fessenden.1982. Kimia Organik Terjemahan oleh Pudjaatmaka, A. Hadyana. Erlangga. Jakarta.
- Fitriansyah, A., Amir, F. dan Elvinawati. 2021. Karakterisasi Adsorben Karbon Aktif dari Sabut Pinang (*Areca catechu*) terhadap Kapasitas Adsorpsi Zat Warna Indigosol Blue 04-B. *Jurnal Pendidikan dan Ilmu Kimia*.Vol. 5(1). Halaman 42-54.
- Gandjar, I.G. dan Rohman, A. 2007. Kimia Farmasi Analisis. Pustaka Pelajar. Yogyakarta.
- Gandjar, G.I. dan Rohman, A. 2014. Kimia Farmasi Analisis. Pustaka Belajar. Yogyakarta.
- Giles, D.G. dan Loehr, R.C. 1994. Waste Generation and Minimization In the Semiconductor Industry. *Journal Environ. End.*, ASCE. Vol 120. Hal 72-86.
- Ginting, F.D. 2008. Pengujian Alat Pendingin Sistem Adsorpsi Dua Adsorber dengan Menggunakan Metanol 1000 mL sebagai Refrigeran. Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Jakarta.
- H. Jankowska., Swiatkowski, A. dan Chorna, J. 1991. Active Carbon. Horword. London.
- Harmita. 2004. Majalah Ilmu Kefarmasian. Departemen Kimia FMIPA-UI. Universitas Indonesia. Depok.
- Harvey, D. 2000. Modern Analytical Chemistry. McGraw-Hill Comp. New York.
- Idris, M.N., Z.A. Ahmad. dan M.A. Ahmad. 2011. Adsorpstion Equilibrium of Malachite Green Dye onto Rubber Coat Based Activated Carbon. *International Journal of Basic and Applied Sciences*. Vol 11 (3). Halaman 38-43.

- Istratie, R., Marcela, S., Cornelia, P. dan Cosmin, L. 2016. Single and Simultaneous Adsorption of Methyl Orange and Phenol onto Magnetic Iron Oxide/Carbon Nanocomposites. *Arabian Journal of Chemistry*.
- Jalil, A.A., Triwahyono, S., Adam, S.H., Rahim, N.D., Aziz, A. A. A., Hairom, N. H. H., Razali, N.A. M., Abidin, M. A. Z. dan Mohammadiyah, M. K.A. 2010. Adsorption of Methyl Orange from Aqueous Solution onto Calcined Lapindo Volcanic Mud. *Journal Hazard Mater.* Vol. 181. Halaman 755-762.
- Khuluk, R.H. 2016. Pembuatan dan Karakterisasi Karbon Aktif dari Tempurung Kelapa (*Cocos nucifera L.*) sebagai Adsorben Zat Warna Metilen Biru (Skripsi). Universitas Lampung. Lampung.
- Koner, S., Biswajit, K.S. dan Rahul, A.A. 2011. Adsorption Kinetics and Mechanism of Methy Orange Dye on Modified Silica Gel Factory Wash. *International Journal of Current Research.* Vol 3 (6). Halaman 128-133.
- Kusdarini, E., Budianto, A. dan Ghafarunnisa, D. 2017. Produksi Karbon Aktif dari Batubara Bituminus dengan Aktivasi Tunggal H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> Kombinasi H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>-NH<sub>4</sub>HCO<sub>3</sub> dan Termal. *Reaktor.* Vol. 17 (2). Halaman 74-80.
- Kusuma, C. 2015. Integrated Sustainable Mangrove Forest Management. *Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan.* Vol. 5 (1). Halaman 1-6.
- Kyotani, T. 2000. Control of Pore Structure in Carbon. Vol. 38. Halaman 269-286.
- La Hasan, N., Zakir, M. dan Budi, P. 2014. Desilikasi Karbon Aktif Sekam Padi sebagai Adsorben Hg pada Limbah Pengolahan Emas di Kabupaten Buru Propinsi Maluku. *Jurnal Chimica Acta.* Vol. 7 (2). Halaman 1-11.
- Larry, D.H. 2001. Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy in Handbook of Analytical Methods for Materials. Materials Evaluation and Engineering, Inc.
- Lyliana H.Y. 2013. Pemanfaatan Arang Aktif sebagai Absorban Logam Berat dalam Air Lindi di TPA Pakusari Jember. Skripsi. Program Sarjana Universitas Jember. Jawa Timur.
- Majedi, Y., Eman, A., Mariam, A.N., Arwa, R., Sarah, S.A., Nathir, A.R., Thies, T. dan Ahmad, S. 2014. Treatment of Dye-Loaded Wastewater with Activated Carbon from Dead Palm Leaf Wastes. Arab : World Sustainability Forum Conference Proceedings Paper.

- Mursal. 2017. Pengaruh Penambahan Asam Borat ( $H_3BO_3$ ) Terhadap Hasil Karakterisasi Nanokristal  $TiO_2$ . *Pharma Xplore*. Vol. 1 (2).
- Mujizah, S. 2010. Pembuatan dan Karakterisasi Karbon Aktif dari Biji Kelor (*Moringa Oleifera. Lamk*) dengan NaCl sebagai Bahan Pengaktif. Skripsi. Program Sarjana Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim. Malang.
- Manocha, S. 2003. Porous Carbon. *Sadhana*. Vol. 1-2. Halaman 335-348.
- Manurung, R., R. Hasibuan. dan Irvan. 2004. Perombakan Zat Warna Azo Reaktif Secara Anaerob-Aerob. Skripsi. Universitas Sumatera Utara, Medan. Indonesia.
- Marzuki, A. 2012. Kimia Analisis Farmasi. Dua Satu Press. Makassar.
- Mattioli, D., F. Malpei., G. Bortone. dan A. Rozzi. 2002. Water Minimization and Reuse in Textile Industry : Analysis, Technologies and Implementation. IWA Publishing, Cornwall. UK.
- Meisrilestari, Y., Khomaini, R. dan Wijayanti, H. 2013. Pembuatan Arang Aktif dari Cangkang Kelapa Sawit Dengan Aktivasi Secara Fisika, Kimia dan Fisika-Kimia. *Konversi*. Vol 2 (1). Halaman 47.
- Melawaty, L. dan Sandapadang, S. 2018. Arang Kayu Bakau sebagai Adsorben Zat Warna *Eryonil Brill Blue*. Prosiding Seminar Nasional 2018. *Sinergitas Multidisiplin Ilmu Pengetahuan dan Teknologi*. Vol. 1 ISSN: 2622-0520. Halaman 198-202.
- Mulja, M. dan Syahrani, A. 1990. Aplikasi Analisis Spektrofotometri UV-Vis. Mephiso Grafika. Surabaya.
- Nurdin, A. dan Nurdiana, J. 2017. Evaluasi Pembuatan Arang Aktif dari Tempurung Kelapa. *Jurnal Teknologi Lingkungan*. Vol 1 (2). Halaman 1-3.
- Pane, G.C. dan Hamzah, F. 2018. Pemanfaatan Kulit Buah Durian pada Pembuatan Arang Aktif dengan Metode Aktivasi Fisika-Kimia Menggunakan Asam Fosfat. *JOM FAPERTA*. Vol. 5. Halaman 1-14.
- Pari, G. 2004. Kajian Struktur Arang Aktif dari Serbuk Gergajian Kayu sebagai Adsorben Emisi Formaldehida Kayu Lapis (Disertasi). Program Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor. Bogor.

- Ponkarthikeyan, P. dan Sutha Sree, K. 2017. A Review of Activated Carbon by Chemical Activation. ICRTCETM. *Special Issue*. Halaman 524-531.
- Prasetyo, Y. 2011. *Scanning Electron Microscope (SEM) dan Optical Emission Spectroscopy (OES)*.  
<http://yudiprasetyo53.wordpress.com/2011/11/07/scanningelectron-microscope-sem-dan-optical-emission-spectroscopy-oes>. Diakses 25 Desember 2020.
- Ramachandran, T., P. Ganesan. dan S. Hariharan. 2009. Decolourization of Textile Effluents : An Overview. *Journal Inst Engineers*. Vol 90. Halaman 20-25.
- Reynold, T.D. 1982. Unit Operation and Process in Environmental Engineering. Woods Worths Inc. Texas.
- Romimohtarto, K. dan S. Juwana. 2001. Biologi Laut : Ilmu Pengetahuan Tentang Biota Laut. Penerbit Djambatan. Jakarta.
- Saepudin, A. 2009. Uji Kinerja Adsorben Histidin-Bentonit dalam Prototipe Kemasan Flow dan Batch terhadap Pestisida Endosulfan dalam Air Minum. Skripsi. Program Studi Kimia Jurusan Pendidikan Kimia FPMIPA UPI. Bandung.
- Safii, F.F. dan Mitarlis. 2013. Pemanfaatan Limbah Padat Proses Sintesis Pembuatan Furfural dari Sekam Padi Sebagai Arang Aktif (Utilization of Solid Waste of Furfural Synthesis Proses from Rice Husk As Carbon Active). *UNESA Journal of Chemistry*. Vol 2 (2). Halaman 8-16.
- Sahara, E., Dahliani, N.K., dan Manuaba, I.B.P. 2017. Pembuatan dan Karakterisasi Arang Aktif dari Batang Gunitir (*Tagetes Erecta*) dengan Aktivator NaOH. *Jurnal Kimia*. Vol. 11 (2). Halaman 174-180. ISSN 1907-9850.
- Sandi, A.P. dan Astuti. 2014. Pengaruh Waktu Aktivasi Menggunakan H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> Terhadap Struktur dan Ukuran Pori Karbon Berbasis Arang Tempurung Kemiri (*Aleurites moluccana*). *Jurnal Fisika Universitas Andalas*. Vol 3 (2). Halaman 115-120.
- Sastrohamidjojo, H. 2007. Spektroskopi. Gajah Mada University. Yogyakarta.

- Schweitzer, J. 2014. Scanning Electron Microscope. Radiological and Environmental Management, Purdue University. <http://www.purdue.edu/rem/rs.sem.html>. Diakses 1 Januari 2021.
- Sembiring, M.T. dan Sinaga, T.S. 2003. Arang Aktif (Pengenalan dan Proses Pembuatannya). Universitas Sumatera Utara. Medan.
- Setyoningrum, T.M., Setiawan, A. dan Pamungkas, G. 2018. Pembuatan Karbon Aktif dari Hasil Pirolisis Ban Bekas. *Eksergi*. Vol. 15 (2). Halaman 54-58.
- Sontheimer, J. E.. 1985. Activated Carbon for Water Treatment. *Netherlands, Elsevier*. Halaman 51-105.
- Soenardjo, N., Pramesti, R. dan Rudiana, E. 2003. Teknik Pembibitan Sistem Apung pada Bibit Bakau Besar (*Rhizophora mucronata L.*). Universitas Diponegoro. Semarang.
- Sudibandriyo, M. dan Lidya. 2011. Karakteristik Luas Permukaan Karbon Aktif dari Ampas Tebu dengan Aktivasi Kimia. *Jurnal Kimia Indonesia*. Vol. 10 (3). Halaman 149-156.
- Sudrajat, R. dan Pari, G. 2011. Arang Aktif : Teknologi Pengolahan dan Masa Depan. Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan. Jakarta.
- Sudrajat, R. dan S. Soleh. 1994. Petunjuk Teknis Pembuatan Arang Aktif. Badan Peneliti dan Pengembangan Hasil Hutan. Bogor.
- Suhartati, T. 2013. Dasar-dasar Spektrofotometri Uv-Vis dan Spektrometri Massa untuk Penentuan Struktur Senyawa Organic. AURA. Lampung.
- Suhartati, T. 2017. Dasar-Dasar Spektrofotometri Uv-Vis dan Spektrofotometri Massa Untuk Penentuan Struktur Senyawa Organik. AURA. Bandar Lampung.
- Tang, J., Z. F. Yang. dan Y. J. Yi. 2012. Enhanced Adsorption of Methyl Orange by Vermiculite Modified by Cetyltrimethylammonium Bromide (CCTMAB). *Procedia Environmental Sciences*. Vol 13. Halaman 2179-2189.
- Treyball, R.E. 1981. Mass Transfer Operation, 3<sup>rd</sup> Edition. McGraw Hill Book Company Inc. Singapore.
- Triono, A. 2006. Karakteristik Briket Arang dari Campuran Serbuk Gergajian Kayu Afrika (*Maesopsis Eminii Engl*) Dan Sengon (*Paraserianthes Falcataria L.*

*Nielsen*) dengan Penambahan Tempurung Kelapa (*Cocos Nucifera L*). Skripsi. Universitas Institut Pertanian Bogor. Bogor.

Triyanto, A. 2013. Peningkatan Kualitas Minyak Goreng Bekas Menggunakan Arang Ampas Tebu Teraktivasi dan Penetralkan dengan NaHSO<sub>3</sub>. Tesis Program Sarjana. Fakultas MIPA Universitas Negeri Semarang. Semarang.

Udyani, K., Dian, Y.P., Rio, S. dan Khalida, Y. 2019. Pembuatan Karbon Aktif dari Arang Bakau Menggunakan Gabungan Aktivasi Kimia dan Fisika Dengan Microwave. *Jurnal IPTEK Media Komunikasi Teknologi*. Vol. 23 (1). Halaman 39-46.

Velmurugan, P., Kumar V, Rathina., dan Dhinakaran, G. 2011. Dye Removal From Aqueous Solution Using Low Cost Adsorbent. *International Journal of Environmental Sciences*. Vol. 1 (7). Halaman 1492-1493.

Vinsiah, R., Suharman, A. dan Desi. 2015. Pembuatan Karbon Aktif dari Cangkang Kulit Buah Karet (*Hevea Brasilliensis*). *Jurnal Penelitian Pendidikan Kimia*. Vol. 1 (2). Halaman 189-199.

W Putri. 2019. Efektivitas Arang Aktif Kayu Bakau Terhadap Penurunan Kadar Logam Besi (Fe) Air Sumur Gali. Tesis Program Sarjana. Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Ahmad Dahlan. Yogyakarta.

Wardani, S. dan Mirdayanti, R. 2019. Optimasi Suhu Aktivasi Proses Pembuatan Arang Aktif Limbah Tulang Kambing. *Serambi Engineering*. Vol. 4 (2). Hal 498-505.

Widjajanti, E., Regina T P., dan Utomo, M P. 2011. Pola Adsorpsi Zeolit Terhadap Pewarna Azo Metil Merah dan Metil Jingga. Prosiding Seminar Nasional Penelitian, Pendidikan dan Penerapan MIPA. Fakultas MIPA Universitas Negeri Yogyakarta. Halaman K-115.

Wunas, Y. dan Susanti. 2011. Analisa Kimia Farmasi Kuantitatif (revisi kedua). Laboratorium Kimia Farmasi Fakultas Farmasi UNHAS. Makassar.

Yahdiana. 2011. Studi Degradasi Zat Warna Tekstil Congo Red dengan Metode Fotokatalitik Menggunakan Suspensi TiO<sub>2</sub>. Skripsi. FMIPA UI. Depok.

Yuliasuti, R. dan Handaru, B.C. 2019. Penggunaan Karbon Aktif yang Teraktivasi Asam Phospat pada Limbah Cair Industri Krisotil. *Jurnal Teknologi Proses Dan Inovasi Industri*. Vol. 3 (1). Halaman 23-26.