

**PEMANFAATAN KARBON AKTIF KAYU BAKAU (*Rhizophora mucronata*) SEBAGAI ADSORBEN PEWARNA TEKSTIL BIRU TUA  
KODE 5 MENGGUNAKAN SPEKTROFOTOMETER UV-VIS**

**(Skripsi)**

**Oleh**

**MESY CINTIA**



**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2021**

## ABSTRACT

### UTILIZATION OF ACTIVATED CARBON OF MANGROVE (*Rhizophora mucronata*) AS ADSORBENT OF DARK BLUE TEXTILE DYE CODE 5 USING UV-VIS SPECTROPHOTOMETER

by

Mesy Cintia

Batik as a textile industry that uses synthetic textile dyes in the batik production process. This textile dye waste can cause a negative impact on the environment, because the dye waste produced is a non-biodegradable organic compound that can cause pollution to the aquatic environment. This pollution can be overcome by adsorption of activated carbon using one of the raw materials, namely mangrove wood (*Rhizophora mucronata*). The manufacture of activated carbon aims to determine the optimum conditions and adsorption model of activated carbon in mangroves as an adsorbent for dark blue textile dye code 5. This research was carried out by physical activation at a temperature of 500°C and chemical activation using 10% H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> activator. The yield of activated carbon obtained was 60.4% and further identification of the characteristics that the activated carbon obtained met all the parameters of SNI 06-3730-1995. The activated carbon produced was characterized using SEM-EDX with a magnification of 5000x to determine the surface morphology of the activated carbon. The results of the SEM-EDX test showed that the pore structure of the unactivated carbon had not been completely formed, while the pores of the activated carbon had been completely formed. The adsorption test of activated carbon in mangroves against dark blue textile dye code 5 aims to determine the optimum conditions of activated carbon, namely mass, pH, contact time and concentration and to determine the kinetic model of the adsorption isotherm. The adsorption of dark blue textile dye code 5 reached the optimum condition with the addition of an adsorbent mass of 0.1 grams at pH 3 with a contact time of 120 minutes and an adsorbate concentration of 100 mg/L. The kinetic data of dark blue textile dye code 5 tends to follow the Freundlich adsorption isotherm kinetics model with a correlation coefficient (R<sup>2</sup>) of 0.96.

**Keywords:** Activated carbon, mangrove wood, dark blue textile dye

## ABSTRAK

### PEMANFAATAN KARBON AKTIF KAYU BAKAU (*Rhizophora mucronata*) SEBAGAI ADSORBEN PEWARNA TEKSTIL BIRU TUA KODE 5 MENGGUNAKAN SPEKTROFOTOMETER UV-VIS

Oleh

Mesy Cintia

Batik sebagai salah satu industri tekstil yang menggunakan pewarna tekstil sintetik dalam proses produksi batik. Limbah pewarna tekstil ini dapat menyebabkan dampak negatif terhadap lingkungan, karena limbah zat warna yang dihasilkan merupakan senyawa organik *non-biodegradable* yang dapat mengakibatkan pencemaran lingkungan perairan. Pencemaran ini dapat diatasi dengan adsorpsi karbon aktif menggunakan salah satu bahan baku yaitu kayu bakau (*Rhizophora mucronata*). Pembuatan karbon aktif bertujuan untuk mengetahui kondisi optimum dan model adsorpsi karbon aktif kayu bakau sebagai adsorben pewarna tekstil biru tua kode 5. Penelitian ini dilakukan dengan aktivasi fisika pada suhu 500° C dan aktivasi kimia menggunakan aktivator H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> 10%. Rendemen karbon aktif yang diperoleh sebesar 60,4% dan selanjutnya dilakukan identifikasi karakteristik bahwa karbon aktif yang diperoleh memenuhi semua parameter SNI 06-3730-1995. Karbon aktif yang dihasilkan dikarakterisasi menggunakan SEM-EDX dengan perbesaran 5000x untuk mengetahui morfologi permukaan karbon aktif. Hasil uji SEM-EDX menunjukkan bahwa struktur pori karbon tidak teraktivasi belum terbentuk secara sempurna, sedangkan pori pada karbon aktif sudah terbentuk secara sempurna. Uji adsorpsi karbon aktif kayu bakau terhadap zat pewarna tekstil biru tua kode 5 bertujuan untuk mengetahui kondisi optimum karbon aktif yaitu massa, pH, waktu kontak dan konsentrasi serta untuk mengetahui model kinetika isotherm adsorpsinya. Adsorpsi zat pewarna tekstil biru tua kode 5 mencapai kondisi optimum dengan penambahan massa adsorben sebanyak 0,1 gram pada pH 3 dengan waktu kontak 120 menit dan pada konsentrasi adsorbat 100 mg/L. Data kinetika zat pewarna tekstil biru tua kode 5 cenderung mengikuti model kinetika isotherm adsorpsi Freundlich dengan nilai koefisien korelasi (R<sup>2</sup>) sebesar 0,96.

**Kata kunci:** Karbon aktif, kayu bakau, pewarna tekstil biru tua

**PEMANFAATAN KARBON AKTIF KAYU BAKAU (*Rhizophora mucronata*) SEBAGAI ADSORBEN PEWARNA TEKSTIL BIRU TUA  
KODE 5 MENGGUNAKAN SPEKTROFOTOMETER UV-VIS**

**Oleh**

**MESY CINTIA**

**Skripsi**

Sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar  
SARJANA SAINS

Pada

Jurusan Kimia  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2021**

Judul Skripsi : **PEMANFAATAN KARBON AKTIF KAYU BAKAU (*Rhizophora mucronata*) SEBAGAI ADSORBEN PEWARNA TEKSTIL BIRU TUA KODE 5 MENGGUNAKAN SPEKTROFOTOMETER UV-VIS**

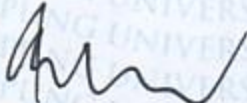
Nama Mahasiswa : **Mesy Cintia**

No. Pokok Mahasiswa : 1717011047

Jurusan : Kimia

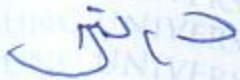
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



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

  
**Dr. Ni Luh Gede Ratna Juliasih, S.Si., M.Si.**  
NIP 19730825 200003 1 001

2. Ketua Jurusan Kimia FMIPA

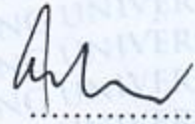
  
**Mulyono, Ph.D.**  
NIP 19740611 200003 21 002



## MENGESAHKAN

### 1. Tim Penguji

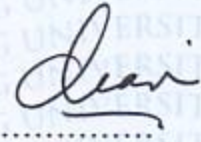
Ketua : **Drs. R. Supriyanto, M.S.**



Sekretaris : **Dr. Ni Luh Gede Ratna Juliasih, S.Si., M.Si.**.....



Penguji  
Bukan Pembimbing : **Dr. Dian Herasari, S.Si., M.Si.**



Dekan, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



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

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : **14 Oktober 2021**

**SURAT PERNYATAAN  
KEASLIAN SKRIPSI**

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Mesy Cintia  
Nomor Pokok Mahasiswa : 1717011047  
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 (*Rhizophora mucronata*) Sebagai  
Adsorben Zat Pewarna Tekstil Biru Tua Kode 5 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



Mesy Cintia  
1717011047

## DAFTAR RIWAYAT HIDUP



Penulis bernama lengkap Mesy Cintia dilahirkan di Bandar Lampung, pada tanggal 23 Juni 1999, sebagai anak pertama dari empat bersaudara. Penulis merupakan puteri dari Bapak Muhamad Saleh dan Ibu Yurita. Penulis saat ini bertempat tinggal di Perumahan Tri Dharma Lestari Blok M. 25 Hajimena, Natar, Lampung Selatan, Lampung. Jenjang pendidikan penulis diawali dari Taman Kanak-kanak (TK) di TK Ismaria Al-Quranyah Bandar Lampung pada tahun 2004 yang diselesaikan pada tahun 2005. Penulis melanjutkan pendidikan ke jenjang Sekolah Dasar (SD) di SD Negeri 1 Rajabasa Raya, diselesaikan pada tahun 2011. Sekolah Menengah Pertama (SMP) di SMP Negeri 22 Bandar Lampung, diselesaikan pada tahun 2014. Sekolah Menengah Atas (SMA) di SMA Negeri 13 Bandar Lampung dan diselesaikan 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) pada tahun 2017 dan berhasil menyelesaikan S1 pada tahun 2021.

Penulis menyelesaikan Praktik Kerja Lapangan (PKL) di Balai Besar Pengawas Obat dan Makanan (BBPOM) Bandar Lampung pada bulan Juli 2019 selama 40 hari dengan judul **“Identifikasi dan Penetapan Kadar Hidrokuinon dalam Sediaan Kosmetik Secara Kromatografi Cair Kinerja Tinggi (KCKT) di Balai Besar Pengawas Obat dan Makanan Bandar Lampung”**. Penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) selama 40 hari pada tanggal 03 Januari-11 Februari 2020 di Desa Sidomulyo, Kecamatan Pagar Dewa, Kabupaten Lampung Barat, Lampung sebagai Sekretaris Koordinator kelompok desa.



Penulis melaksanakan penelitian di Laboratorium Kimia Analitik dan Instrumentasi Jurusan Kimia FMIPA Universitas Lampung pada bulan Desember 2020-Juni 2021.

Selain belajar di bidang akademik, penulis juga aktif berorganisasi. Organisasi yang pernah penulis ikuti selama menjadi mahasiswa yaitu penulis mengikuti organisasi Himpunan Mahasiswa Kimia (Himaki) Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung sebagai Kader Muda Himaki (KAMI) Bidang Sains dan Penalaran Ilmu Kimia (SPIK) dan Garuda BEM FMIPA Unila Departemen Pengembangan Sains dan Lingkungan Hidup (PSLH) pada tahun 2017. Penulis mengikuti Organisasi Himpunan Mahasiswa Kimia (HIMAKI) Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung sebagai Anggota Biro Usaha Mandiri (BUM) dan BEM FMIPA Unila sebagai Anggota Departemen Pengembangan Sumber Daya Mahasiswa (PSDM) pada tahun 2018. Penulis mengikuti Organisasi Persatuan Mahasiswa Indonesia pada tahun 2021. Penulis juga pernah menjadi asisten praktikum Kimia Analitik II Jurusan Kimia FMIPA Universitas Lampung Tahun Ajaran 2020/2021.

## ***MOTTO***

“Happiness is when what you think, what you say and what you do are in harmony” (**Mahatma Gandhi**).

“Sahabat itu bagaikan bintang, walaupun jauh tetapi akan selalu tetap ada” (**Agung Abadi Kiswando**).

“Tuhan akan selalu bersama orang-orang yang selalu berusaha, memohon dan yakin kepadaNya. Percayalah.” (**Mesy Cintia**)

“Be grateful to Allah SWT, then indeed he is grateful for himself and whoever is not grateful (kufr) then indeed Allah is Rich, most Praiseworthy” (**Qs Luqman: 12**).

“Memaafkan tidak akan mengubah masa depan, tetapi akan memperluas masa depan”(**Paul Boese**)



Alhamdulillah, Puji Syukur kepada Allah SWT atas Kehadirat Tuhan Yang Maha Esa. Kupersembahkan karya pertamaku ini sebagai tanda terima kasih dan sayang serta baktiku kepada:

**Buyah Muhamad Saleh dan Ibu Yurita**

Terimakasih telah selalu memberikan do'a terbaik, dukungan serta pengorbanan yang besar untukku.

Adik-adikku tersayang **Maya Pebriyantika, Muhamad Yusa ALfathin dan Suci Sabila** serta seluruh keluarga besar yang selalu memberikankeceriaan dan semangat untukku.

Pembimbing peneltianku dan seluruh dosen jurusan kimia yang selama ini telah memberikan ilmu dan pelajaran kepadaku.

Seluruh sahabat, teman terdekat dan Keluarga Besar Kimia 2017 yang selama ini telah selalu ada dan memberikan dukungan serta bantuan kepadaku.

Serta Almamater tercinta

Universitas Lampung

## SANWACANA

Assalammu'alaikum Wr. Wb

Alhamdulillah rabbil 'alamin, segala puji dan syukur kepada Allah SWT atas segala limpahan rahmat, nikmat, dan karunia-Nya sehingga Penulis mampu menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Pemanfaatan Karbon Aktif Kayu Bakau (*Rhizophora mucronata*) Sebagai Adsorben Zat Pewarna Tekstil Biru Tua Kode 5 Menggunakan Spektrofotometer UV-Vis”** sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Sains Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung.

Penulis menyadari bahwa penulisan skripsi ini tidak lepas dari kesulitan dan rintangan, namun itu semua dapat Penulis lewati berkat rahmat dan ridha Allah SWT serta bantuan dan dukungan dari orang-orang yang hadir di kehidupan Penulis. Penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Kedua orang tuaku, Buyah Muhamad Saleh dan Yurita, terima kasih atas semua cinta, kasih dan sayang serta semua pengorbanan yang telah kalian berikan kepada Penulis. Terima kasih atas segala doa yang senantiasa dipanjatkan untuk Penulis, segala perhatian, motivasi dan dukungan yang luar biasa kepada Penulis sehingga Penulis bisa menyelesaikan pendidikan hingga menjadi Sarjana. Semoga Buyah dan Ibu selalu diberikan kesehatan dan selalu dalam lindungan Allah SWT.
2. Adik-Adikku tersayang (Maya Pebriyantika, Muhamad Yusa Al Fathin dan Suci Sabila), yang telah memberikan doa dukungan serta keceriaan hingga saat ini Penulis bisa menyelesaikan skripsi ini.



3. Bapak Drs. R Supriyanto, M.S. selaku pembimbing I yang telah banyak memberikan ilmu, motivasi, bimbingan, masukan, saran dan semangat kepada Penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
4. Ibu Dr. Ni Luh Gede Ratna Juliasih, S.Si., M.Si. selaku pembimbing II yang telah sabar untuk memberikan bimbingan, ilmu, dukungan, motivasi, saran dan semangat kepada penulis, sehingga Penulis dapat menyelesaikan Skripsi ini.
5. Ibu Dr. Dian Herasari, S.Si., M.Si. selaku pembahas yang telah banyak memberikan waktu, dukungan, motivasi, semangat dan saran kepada Penulis, sehingga Penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
6. Bapak Prof. Dr. Sutopo Hadi, M.Sc. selaku pembimbing akademik selama Penulis menjadi mahasiswi yang telah memberikan dukungan serta motivasi kepada penulis.
7. Bapak Dr. Agung Abadi Kiswandono, M.Sc. selaku Dosen Terbaik yang selalu membimbing Penulis walaupun Penulis bukan bimbingan Beliau, tetapi beliau tetap selalu membimbing, memotivasi, serta memberikan dukungan terhadap Penulis.
8. Bapak Mulyono, S.Si., M.Si., Ph.D., selaku Ketua Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA) Universitas Lampung.
9. Bapak Dr. Eng. Suropto Dwi Yuwono, M.T., selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA) Universitas Lampung.
10. Bapak dan Ibu Dosen Kimia FMIPA Universitas Lampung yang telah mendidik serta memberikan ilmu pengetahuan yang sangat bermanfaat kepada Penulis selama kuliah dan semoga ilmu yang diberikan dapat berguna untuk Penulis dan Orang di sekitar Penulis. .
11. Bapak Fahrudin, S.T. dan Ibu Iin selaku Laboran Kimia Analitik dan Instrumentasi FMIPA Unila yang telah banyak membantu dalam menyediakan alat dan bahan untuk penelitian Penulis.
12. Seluruh laboran, staff dan karyawan FMIPA Universitas Lampung atas semua bantuannya selama Penulis menjadi seorang mahasiswi di Jurusan Kimia FMIPA Unila.

13. Seluruh Keluarga Besar yang telah mendukung, mendoakan dan selalu memberikan motivasi serta semangat kepada Penulis hingga saat ini.
14. Basyid Pajar Putra, terima kasih atas kebersamaan dan kesabaran hingga saat ini sudah selalu ada untuk memberikan semangat, keceriaan, membantu, mendukung, memotivasi dan memberikan saran serta meluangkan waktu untuk mendengar seluruh cerita Penulis.
15. Bestie terbaikku Feranika yang telah menjadi sahabat sekaligus Partner Penelitianku, terimakasih sudah banyak membuat Penulis bersabar, meluangkan waktu untuk bergabut bersama, bercerita keluh kesah, membantu, mendukung serta memotivasi Penulis hingga saat ini. Semoga kita bersahabat selamanya.
16. Teman seperbimbingan “*Active Carbon Research 2017*” (Pinkan Valencia, dan Innamaa Trina) terima kasih sudah sabar untuk menjadi partner terbaik selama penelitian.
17. Teman Reversibel (Ria Mela Rosi, Merriezka Ismaini dan Azizah Malik) terima kasih atas semua waktu, canda tawa, semangat, do’a, dukungan dan motivasi dari kalian semua. Terima kasih telah hadir sebagai teman yang sangat baik. Semangat selalu yaa guys, semoga silaturahmi kita selalu terjalin.
18. Teman Serangkuy (Tiara Cahyarani Sulandra dan Ginsita Putri Gratia Br Binting), terima kasih kerja sama telah menjadi teman baik untuk mendukung, memotivasi serta memberikan bantuan kepada Penulis.
19. Sobat Lab Instrumen Bawah (Sangaji Ilham Prasetyo, Wahyu Devariani, kak Rizky Nurfitriani, Nelda Oktaria, Dela Ananda dan Lola Erdianes), terima kasih telah bekerjasama selama di Lab Instrumen Bawah, membantu untuk saling mengingatkan dan berbagi info terbaru selama perkuliahan.
20. Teman Kimia Analitik (Rezka Dianti, Agustina Ayu Pangestu, Shelly Febi Adelia, Resi Justitia, Mutiara Nova Kurnia, Dita Kumala Sari), terima kasih atas kerja sama selama di Lab Analitik.
21. Kakak-kakakku yang baik hati kak Selly Mardiana Sari, kak M. Sanubara Priamorta dan kak Dina Anggraeni. Terima kasih atas kerja sama, dukungan dan cerita selama di Lab serta sabar dalam menjawab semua

pertanyaan serta selalu memberi pengetahuan baru hingga Penulis mampu menyelesaikan skripsi ini

22. Keluarga Besar Kimia 2017 dengan jargon “Kimia 2017!!” , “**Kolaborasi Karya Luar Biasa!**” Terima kasih atas kebersamaan, kekeluargaan, pertemanan, pengalaman, kerja sama dan dukungan selama ini.
23. Keluarga besar mahasiswa kimia angkatan 2015, 2016, 2018, 2019 atas kebersamaan dan persaudaraan yang terjalin selama ini.
24. Almamater tercinta Universitas Lampung.
25. Semua pihak yang telah membantu dan mendoakan Penulis dengan tulus dalam proses penyelesaian skripsi ini yang tidak dapat disebutkan satu-persatu.
26. I wanna to thank for myself, because of the belief in my abilities, efforts and hard work that has been done relentlessly. Never give up on fighting for all of this. Falling and getting up has always been a challenge for the author in completing this SKRIPSI. Thank you so much myself. Big Love for myself. keep it up and keep on fighting.

Penulis hanya mampu mengucapkan terima kasih, semoga segala kebaikan, do'a, bantuan serta dukungan yang kalian berikan dapat dibalas oleh Allah SWT. Penulis menyadari bahwa dalam penulisan skripsi ini masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, Penulis memohon maaf atas segala kekurangan tersebut dan berharap skripsi ini dapat bermanfaat bagi siapapun yang membaca, khususnya rekan-rekan mahasiswa kimia.

Bandar Lampung, November 2021  
Penulis

Mesy Cintia

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>i</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>iii</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>v</b>
<b>I. PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Tujuan Penelitian.....	3
1.3. Manfaat Penelitian .....	3
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>4</b>
2.1. Pohon Bakau .....	4
2.2. Karbon Aktif .....	6
2.2.1. Pengertian Karbon Aktif.....	6
2.2.2. Tipe Karbon Aktif .....	8
2.2.3. Metode Pembuatan Karbon Aktif .....	8
2.3. Zat Warna.....	9
2.4. Adsorpsi .....	12
2.5. Adsorben .....	13
2.6. Validasi Metode Uji .....	14
2.6.1. Uji Linearitas.....	15
2.6.2. LoD dan LoQ .....	16
2.6.3. Presisi .....	16
2.6.4. Akurasi .....	17
2.7. Karakterisasi dan Instrumentasi .....	19
2.7.1. <i>Scanning Electron Microscopy- Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy (SEM-EDX)</i> .....	19
2.7.2. Spektrofotometer UV-Vis.....	22
<b>III. METODE PENELITIAN</b> .....	<b>27</b>
3.1. Tempat dan Waktu Penelitian .....	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 Karakteristik Karbon Aktif .....	29
3.3.4. Karakterisasi Karbon Aktif .....	31
3.3.5. Penentuan Panjang Gelombang Maksimum Pewarna Tekstil Biru Tua kode 5.....	31
3.3.6. Validasi Metode .....	31
3.3.7. Optimasi Karbon Aktif .....	32
3.4. Diagram Alir Penelitian .....	35
<b>IV. HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>36</b>
4.1. Pembuatan Karbon dari Kayu Bakau .....	36
4.2. Aktivasi Karbon .....	37
4.3. Identifikasi Karakteristik Karbon Aktif.....	38
4.4. Karakterisasi Karbon Aktif .....	43
4.5. Penentuan Panjang Gelombang Pewarna Tekstil Biru Tua Kode 5.....	46
4.6. Validasi Metode .....	47
4.7. Optimasi Karbon Aktif .....	49
<b>V. SIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>59</b>
5.1. Simpulan.....	59
5.2. Saran .....	59
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>60</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>67</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Tumbuhan bakau/mangrove ( <i>Rhizophora mucronata</i> ) .....	5
2. Struktur Fisika Karbon Aktif .....	7
3. Prinsip Kerja SEM .....	19
4. Komponen Penyusun SEM .....	21
5. Prinsip Dasar Spektrofotometer .....	23
6. Skema Spektrofotometer UV-Vis ( <i>Single Beam</i> ) .....	25
7. Skema Spektrofotometer UV-Vis ( <i>Double Beam</i> ).....	26
8. Hasil Preparasi Pembuatan Karbon .....	36
9. Hasil Aktivasi Karbon Aktif Fisika-Kimia .....	38
10. Hasil Karakterisasi SEM-EDX dengan Perbesaran 5000x pada Karbon Kayu Bakau.....	44
11. Kurva Panjang Gelombang Maks. Larutan Pewarna Tekstil Biru Tua Kode 5 .....	46
12. Kurva Kalibrasi Pewarna Tekstil Biru Tua Kode 5 .....	47
13. Hasil Uji Adsorpsi Berdasarkan Variasi Berat Adsorben .....	50
14. Hasil Uji Adsorpsi Berdasarkan Variasi pH Adsorbat.....	51
15. Hasil Uji Adsorpsi Berdasarkan Variasi Waktu Kontak .....	52
16. Kurva Kinetika Pseudo Orde Satu pada Adsorpsi Pewarna Tekstil Biru Tua Kode 5 oleh Karbon Aktif.....	53
17. Kurva Kinetika Pseudo Orde Dua pada Adsorpsi Pewarna Tekstil Biru Tua Kode 5 oleh Karbon Aktif.....	54
18. Hasil Uji Adsorpsi Berdasarkan Variasi Konsentrasi .....	55
19. Kurva Isoterm Adsorpsi Langmuir pada Pewarna Tekstil Biru Tua Kode 5 oleh Karbon Aktif .....	56

20.	Kurva Isoterm Adsorpsi Freundlich pada Pewarna Tekstil Biru Tua Kode 5 oleh Karbon Aktif .....	57
21.	Hasil Uji Adsorpsi Variasi Berat.....	77
22.	Hasil Uji Adsorpsi Variasi pH .....	78
23.	Hasil Uji Adsorpsi Variasi Waktu.....	79
24.	Pola Kinetika Pseudo Orde Satu pada Adsorpsi Pewarna Tekstil Biru Tua Kode 5 oleh Karbon Aktif.....	81
25.	Pola Kinetika Pseudo Orde Dua pada Adsorpsi Pewarna Tekstil Biru Tua Kode 5 oleh Karbon Aktif.....	82
26.	Hasil Uji Adsorpsi Variasi Berat.....	84
27.	Pola Isoterm Adsorpsi Langmuir pada Pewarna Tekstil Biru Tua Kode 5 oleh Karbon Aktif .....	85
28.	Pola Isoterm Adsorpsi Freundlich pada Pewarna Tekstil Biru Tua Kode 5 oleh Karbon Aktif .....	86

## DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Luas dan Kondisi Mangrove di Provinsi Lampung .....	6
2. Nama dan Struktur Kimia Kromofor .....	11
3. Standar Baku Mutu Limbah Pewarna Tekstil .....	12
4. Spektrum Cahaya Tampak dan Warna Komplementer.....	24
5. Absorpsi sinar UV pada $\lambda$ Maks dari Beberapa Pelarut.....	24
6. Hasil Uji Identifikasi Karakteristik Kabon Aktif Kayu Bakau .....	43
7. Parameter Isoterm Adsorpsi Langmuir dan Freundlich .....	57
8. Hasil Uji Linearitas .....	72
9. Hasil Uji LoD dan LoQ .....	73
10. Hasil Uji Presisi .....	74
11. Hasil Uji Akurasi .....	75
12. Hasil Perhitungan Adsorpsi Pewarna Tekstil Biru Tua Kode 5 dengan Karbon Aktif Variasi Berat .....	76
13. Hasil Perhitungan Adsorpsi Pewarna Tekstil Biru Tua Kode 5 dengan Karbon Aktif Variasi pH .....	78
14. Hasil Perhitungan Adsorpsi Pewarna Tekstil Biru Tua Kode 5 dengan Karbon Aktif Variasi Waktu Kontak .....	79
15. Perhitungan Persamaan Kinetika Laju Adsorpsi Pseudo Orde Satu pada Adsorpsi Pewarna Tekstil Biru Tua Kode 5 oleh Karbon Aktif.....	80
16. Perhitungan Persamaan Kinetika Laju Adsorpsi Pseudo Orde Dua pada Adsorpsi Pewarna Tekstil Biru Tua Kode 5 oleh Karbon Aktif.....	82
17. Hasil Perhitungan Adsorpsi Pewarna Tekstil Biru Tua Kode 5 dengan Karbon Aktif Variasi Konsentrasi .....	83
18. Perhitungan dengan Persamaan Langmuir pada Adsorpsi Pewarna Tekstil Biru Tua Kode 5 dengan Karbon Aktif .....	84



19. Perhitungan dengan Persamaan Freundlich pada Adsorpsi Pewarna Tekstil Biru Tua Kode 5 dengan Karbon Aktif.....	86
---	----

## I. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Indonesia sebagai salah satu negara yang memiliki produk unggulan yakni batik. Batik biasanya digunakan sebagai seragam wajib yang harus dipakai pada hari-hari besar nasional. Setiap daerah memiliki industri batik dan penghasil batik rumahan untuk memenuhi kebutuhan masyarakat. Salah satu daerah penghasil kerajinan batik yaitu Provinsi Lampung. Batik Lampung biasanya terdapat simbol siger yang merupakan ciri khas daerah Provinsi Lampung. Potensi pembuatan batik Lampung meningkat seiring dengan banyaknya industri-industri kecil dan menengah (IKM) dari pengrajin batik Lampung.

Batik yang diproduksi oleh industri tekstil ataupun pengrajin batik dalam proses pewarnaan menggunakan lebih dari satu zat warna. Zat warna yang digunakan berupa zat warna alami maupun sintetik. Pewarna yang sering digunakan dalam proses produksi batik yaitu pewarna sintetik. Pewarna sintetik lebih mudah diperoleh di pasaran karena ketersediaan warna yang terjamin, jenis warna yang bermacam-macam dan lebih ekonomis praktis dalam penggunaan. Namun menurut penelitian yang dilakukan oleh (Fayazi *et. all*, 2016) penggunaan pewarna sintetik dapat memberikan dampak negatif terhadap lingkungan, karena limbah zat warna yang dihasilkan merupakan senyawa organik *non-biodegradable* (Suprihatini, 2014) yang dapat menyebabkan pencemaran lingkungan terutama lingkungan perairan.

Menurut Ketaren (1986) adsorpsi merupakan salah satu metode pemurnian yang banyak digunakan industri tekstil, karena metode ini dinilai efektif dalam

menghilangkan zat warna. Prinsip adsorpsi yaitu suatu bahan tertentu diserap oleh suatu bahan yang bersifat sebagai penyerap (Hutapea dkk, 2017). Proses penghilangan zat warna sangat bergantung kepada jenis adsorben yang digunakan. Jenis adsorben yang dapat digunakan yaitu seperti zeolit, silika gel, karbon aktif, kitosan dan bentonit (Muna, 2014). Jenis adsorben yang paling baik digunakan pada proses adsorpsi yaitu karbon aktif.

Karbon aktif merupakan suatu padatan berpori yang mengandung 85-95 % karbon. Karbon aktif dapat digunakan untuk menghilangkan zat pewarna karena adanya kapasitas adsorpsi yang relatif besar (Hameed dkk, 2017). Karbon aktif dapat dihasilkan dari bahan-bahan yang mengandung karbon dengan pemanasan pada suhu tinggi (Nafi'ah, 2016) dan dapat dibuat dari bahan organik maupun anorganik (Laili dkk, 2017). Pengembangan bahan pembuatan karbon aktif sudah banyak dilakukan, diantaranya menggunakan batubara dan bahan-bahan organik dengan kandungan karbon yang tinggi, seperti dari tempurung kelapa, serat kayu, dan dari bambu (Miranti, 2012; Huda dkk, 2020). Salah satu material yang dapat digunakan dalam pembuatan karbon aktif yaitu kayu bakau.

Kayu bakau (*Rhizophora mucronata*) merupakan tanaman yang tumbuh di lingkungan air payau maupun perairan pantai dengan kandungan garam yang rendah sampai tinggi. Tanaman ini umumnya digunakan untuk mempertahankan pantai dari abrasi. Kayu bakau memiliki beberapa kelebihan sehingga dapat digunakan sebagai bahan baku dalam pembuatan karbon, diantaranya yaitu adanya komponen aktif seperti saponin, flavonoid, quinon dan tannin (Yusro, 2011). Senyawa tannin pada kayu bakau mengandung fenol yang memiliki gugus OH sehingga dapat mengikat logam berat (Hardyanti, 2011). Selain itu, kayu bakau memiliki struktur padat dan keras (Masthura dan Zulkarnain, 2018) serta memiliki nilai kalor yang tinggi yaitu sekitar 4.400-7.300 kkal/kg (Mushadi, 2017). Adanya beberapa kelebihan tersebut, kayu bakau dapat menghasilkan karbon aktif dengan kualitas yang baik. Pemanfaatan kayu bakau sebagai karbon aktif juga dapat menambah nilai ekonomis dari kayu bakau tersebut (Udayani dkk, 2019).

Berdasarkan uraian di atas untuk mengurangi adanya pencemaran lingkungan yang disebabkan oleh limbah industri tekstil, maka digunakan karbon aktif dari kayu bakau (*Rhizophora mucronata*) sebagai adsorben. Penelitian ini menggunakan metode adsorpsi sistem *batch*, yang kemudian dilakukan pengujian terhadap pewarna tekstil biru tua kode 5 menggunakan instrumentasi spektrofotometer UV-Vis untuk mengetahui kemampuan karbon aktif dalam mengadsorpsi zat pewarna tekstil dan mengetahui kondisi optimum karbon aktif yang diperoleh.

## **1.2 Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Membuat karbon aktif dari kayu bakau dan melakukan identifikasi serta karakterisasi karbon aktif dari kayu bakau.
2. Menentukan kondisi optimum karbon aktif kayu bakau sebagai adsorben pewarna tekstil biru tua kode 5.
3. Mengetahui model adsorpsi karbon aktif kayu bakau sebagai adsorben pewarna tekstil biru tua kode 5.

## **1.3 Manfaat Penelitian**

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah untuk memberikan informasi tentang potensi karbon aktif dari kayu bakau sebagai adsorben pewarna tekstil biru tua kode 5 sehingga dapat dimanfaatkan dalam pengolahan limbah industri tekstil dan sebagai referensi untuk penelitian lebih lanjut.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Pohon Bakau

Pohon bakau adalah jenis tanaman mangrove tropis dari genus *Rhizophora* (Gambar 1). Hutan mangrove, bakau biasanya tumbuh di bagian paling depan yang berhadapan dengan laut, memiliki akar tunjang yang tumbuh menyembul dari batang bawah. Akar tersebut berfungsi untuk memperkokoh cengkeraman pohon agar tidak rebah dan berfungsi juga sebagai alat pernapasan. Pohon bakau bisa tumbuh di lingkungan dengan kandungan garam tinggi, terendam air, tanah berpasir, dan sedimen lumpur. Akar bakau memiliki kelenjar khusus yang bisa menyaring garam dari air laut. Sebagian garam juga dibuang melalui daun-daun tua yang digugurkan. Daun pohon bakau memiliki lapisan kutikula yang tebal untuk mengurangi penguapan (Noor dkk, 2006).

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 pembesaran (*nursery ground*) serta tempat pemijahan (*spawning ground*) bagi aneka biota perairan dan sebagai situs untuk industri ekowisata yang mulai berkembang (Kusuma, 2015).



**Gambar 1.** Tumbuhan Bakau/Mangrove (*Rhizophora mucronata*)

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)	: <i>Rhizophora mucronata</i> (Soenardjo dkk, 2003).

Tumbuhan mangrove memiliki kemampuan khusus untuk beradaptasi dengan kondisi lingkungan yang ekstrim seperti kondisi tanah yang tergenang, kandungan garam yang tinggi dan kondisi tanah yang kurang stabil. Kondisi lingkungan seperti itu, beberapa jenis mangrove mengembangkan mekanisme yang memungkinkan secara aktif mengeluarkan garam dari jaringan, sementara yang lainnya mengembangkan sistem akar napas untuk membantu memperoleh oksigen bagi sistem perakarannya. Beberapa jenis mangrove berkembang dengan buah

yang sudah berkecambah sewaktu masih di pohon induknya (vivipar), seperti Kandelia, Bruguiera, Ceriops dan Rhizophora (Noor, dkk, 2006).

Adapun luas dan kondisi mangrove di Lampung ditunjukkan pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Luas dan Kondisi Magrove di Provinsi Lampung

Uraian Sumber Daya Laut	Luas dan Kondisi Hutan Magrove					
	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Luas (Ha)	19.596	22.724	21.644	2.537	2.537	17.110
Kondisi Baik (%)	-	21	53	66	66	29
Kondisi Sedang (%)	-	13	11	19	19	18
Kondisi Rusak (%)	-	66	36	15	12	54
Tidak Teridentifikasi	-	0	0	0	0	-

(Sumber: BPS Lampung, 2017).

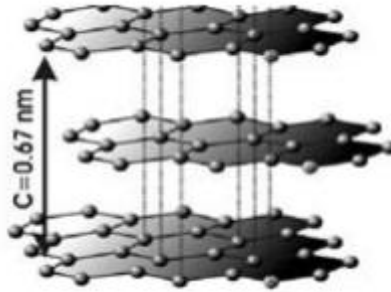
## 2.2 Karbon Aktif

### 2.2.1 Pengertian Karbon Aktif

Karbon aktif merupakan bahan kimia yang saat ini banyak digunakan dalam industri yang menggunakan proses adsorpsi dan purifikasi (Ritonga, 2014).

Karbon merupakan residu hitam berbentuk padatan berpori yang mengandung 85-95% karbon yang nantinya akan dihasilkan dengan menghilangkan kandungan air dan komponen *volatile* dari bahan-bahan yang mengandung karbon melalui pemanasan pada suhu tinggi, dengan demikian masih terdapat sebagian pori-pori yang tetap tertutup dengan hidrokarbon senyawa organik lain. Karbon 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 (Jamilatun dan Setyawan, 2014).

Karbon aktif mempunyai bentuk yang *amorf* yang terdiri dari pelat-pelat datar di mana atom-atom karbonnya tersusun dan terikat secara kovalen dalam kisi heksagonal. Hal tersebut telah dibuktikan dengan penelitian menggunakan sinar-X yang menunjukkan adanya bentuk-bentuk kristalin yang sangat kecil dengan struktur grafit.



**Gambar 2.** Struktur Fisika Karbon Aktif (Sumber: Sontheimer, 1985)

Daerah kristalin memiliki ketebalan 0,7 -1,1 nm jauh lebih kecil dari grafit. Hal ini menunjukkan adanya 3 atau 4 lapisan atom karbon dengan kurang lebih terisi 20-30 heksagon di tiap lapisannya. Rongga antara kristal-kristal karbon diisi oleh karbon-karbon *amorf* yang berikatan secara tiga dimensi dengan atom-atom lainnya terutama oksigen. Susunan karbon yang tidak teratur ini diselingi oleh retakan-retakan dan celah yang disebut pori dan kebanyakan berbentuk silindris (Sontheimer, 1985).

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, 2003).



### 2.2.2 Tipe Karbon Aktif

Karbon aktif dapat dibagi menjadi dua tipe, yaitu:

1) Karbon Aktif Sebagai Pemucat

Biasanya berbentuk *powder* yang halus dengan diameter pori-pori 1000 Å, digunakan dalam fase cair dan berfungsi untuk memindahkan zat-zat pengganggu.

2) Karbon Aktif Sebagai Penyerap Uap

Biasanya berbentuk granular atau pelet yang sangat keras, diameter porinya 10-200 Å, umumnya digunakan pada fase gas yang berfungsi untuk pengembalian pelarut, katalis dan pemurnian gas (Ruthven, 1984).

### 2.2.3. Metode Pembuatan Karbon Aktif

1) Dehidrasi

Dehidrasi adalah proses penghilangan kandungan air yang terdapat dalam bahan karbon aktif dengan tujuan menyempurkan proses karbonisasi dan dilakukan dengan menjemur bahan baku di bawah sinar matahari atau memanaskannya dalam oven pada suhu dan waktu tertentu (Shofa, 2012; Ramadona 2018).

2) Karbonisasi

Karbon aktif dapat diproduksi dari bahan baku karbon yang berbeda dengan proses aktivasi yang berbeda. Hal ini disiapkan dengan memanaskan bahan baku. Proses karbonisasi diperlukan untuk mengubah struktur selulosa pada karbon aktif menjadi bahan berkarbon. Struktur selulosa tersebut mengandung sejumlah oksigen dan hidrogen yang mengandung gugus fungsi, yang dapat dihilangkan dengan dehidrasi secara kimia (Ponkarthikeyan, 2017).

Karbonisasi adalah suatu proses dimana unsur-unsur oksigen dan hidrogen dihilangkan dari karbon dan menghasilkan rangka karbon yang memiliki struktur tertentu. Saat karbonisasi terjadi beberapa tahap yang meliputi penghilangan air

atau dehidrasi, perubahan bahan organik menjadi unsur karbon dan dekomposisi tar sehingga pori-pori karbon menjadi lebih besar (Halimah, 2016).

### 3) Aktivasi

Aktivasi merupakan proses pemanasan adsorben dengan suhu dan waktu tertentu. Aktivasi digunakan untuk membuat pori-pori baru agar memperbaiki porositas. Proses aktivasi umumnya terdapat dua jenis yaitu aktivasi fisika dan aktivasi kimia. Aktivasi fisika adalah aktivasi yang melibatkan karbonisasi yang diikuti dengan aktivasi dengan adanya CO<sub>2</sub> atau uap. Bahan bakunya dibawa dalam kontak dengan gas aktivasi pada suhu tinggi. Selama aktivasi, gas aktivasi bereaksi dengan karbon padat untuk membentuk produk gas. Aktivasi kimia adalah aktivasi yang melibatkan karbonisasi yang diikuti dengan aktivasi dengan adanya bahan kimia seperti ZnCl<sub>2</sub> dan H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>. *Activating agent* mengoksidasi karbon dan merusak bagian dalam karbon sehingga terbentuk pori dan meningkatkan daya adsorpsi. Aktivasi kimia oleh agen kimia seperti ZnCl<sub>2</sub>, KOH dan H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> adalah cara yang lebih disukai karena dapat menghasilkan luas permukaan karbon aktif yang lebih besar dengan menggunakan suhu operasional yang rendah (Ponkarthikeyan, 2017).

## 2.3. Zat Warna

Zat warna adalah senyawa yang mempunyai gugus yang dapat menimbulkan warna (kromofor) (Fessenden, 1982). Molekul zat warna merupakan gabungan dari zat organik tidak jenuh dengan kromofor sebagai pembawa warna dan auksokrom sebagai pengikat warna dengan seraf. 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. Gugus kromofor adalah gugus yang menyebabkan molekul menjadi berwarna (Manurung dkk, 2004).

Zat warna adalah senyawa organik berwarna yang digunakan untuk memberi warna suatu objek atau suatu kain. Saat ini terdapat banyak sekali senyawa organik berwarna, namun hanya beberapa saja yang sesuai untuk zat warna. Suatu senyawa organik dapat dikatakan sebagai zat warna jika memenuhi beberapa persyaratan, yakni:

1) Tidak Luntur

Zat warna yang baik mempunyai sifat tahan lama, oleh karena itu zat warna tersebut harus terikat kuat pada kain. Setiap jenis kain mempunyai tingkat kesulitan tertentu dalam proses pewarnaan. Bahan yang paling mudah diwarnai adalah sutera, karena mengandung banyak gugus polar yang berinteraksi dengan zat warna (Fessenden, 1982).

2) Mengandung gugus kromofor

Gugus kromofor adalah gugus yang dapat menimbulkan warna, seperti nito dan nitroso. Zat tersebut juga mengandung gugus yang mempunyai afinitas terhadap serat tekstil seperti amino dan hidoksil. Cat-cat tembok walaupun berwarna namun tidak digolongkan sebagai zat warna karena tidak mempunyai afinitas untuk berikatan dengan serat kain (Mustafa, 2003).

Tabel 2 menunjukkan beberapa gugus kromofor dan struktur kimianya yang memberi daya ikat terhadap serat yang diwarnainya. Kromofor zat warna reaktif biasanya merupakan sistem azo dan antrakuinon dengan berat molekul relatif kecil. Daya serap terhadap serat tidak besar, sehingga zat warna yang tidak bereaksi dengan serat mudah dihilangkan. Gugus-gugus penghubung dapat mempengaruhi daya serap dan ketahanan zat warna terhadap asam atau basa. Gugus-gugus reaktif merupakan bagian-bagian dari zat warna yang mudah lepas. Dengan lepasnya gugus reaktif ini, zat warna menjadi mudah bereaksi dengan serat kain. Umumnya agar reaksi dapat berjalan dengan baik maka diperlukan penambahan alkali atau asam sehingga mencapai pH tertentu (Manurung, 2004).

**Tabel 2.** Nama dan Struktur Kimia Kromofor

<b>Nama Gugus</b>	<b>Struktur Kimia</b>
Nitroso	NO atau (-N-OH)
Nitro	NO <sub>2</sub> atau (-NH-OOH)
Grup Azo	-N=N-
Grup Etilen	-C=C-
Grup Karbonil	-CO-
Grup Karbon-Nitrogen	-C=NH ; CH=N-
Grup Karbon-Sulfur	-C=S ; -C-S-S-C-

(Sumber: Heaton, 1994).

Serapan warna dapat dilihat pada spektrum terdiri dari radiasi elektromagnetik yang terletak pada panjang gelombang antara 400 nm sampai 800 nm. Radiasi yang tersebar secara merata antara 400 nm – 800 nm tampak sebagai cahaya putih, yang terurai dalam warna-warna spektrum bias dengan adanya penyingkapan prisma. Warna spektrum berturut-turut adalah: Violet, Indigo, Biru, Hijau, Kuning, Jingga dan Merah (Heaton, 1994).

Zat pewarna sendiri secara ilmu kimia merupakan gabungan dari zat organik tidak jenuh dengan kromofor sebagai pembawa warna dan auksokrom sebagai pengikat warna dengan serat. 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 (Heaton, 1994). Standar baku mutu limbah pewarna tekstil pada tahun 2019 ditunjukkan pada Tabel 3.

**Tabel 3.** Standar Baku Mutu Limbah Pewarna Tekstil

No	Parameter	Kadar Paling Tinggi (mg/L)	Bebas Pencemaran Paling Tinggi (kg/ton)
1.	BODs	60	6
2.	COD	150	15
3.	TTS	50	5
4.	Fenol Total	1,0	0,05
5.	Krom Total (Cr)	8,0-10,0	0,1
6.	Amonia Total (NH <sub>3</sub> -N)	8,0	0,8
7.	Sulfida (sebagai S)	0,3	0,03
8.	Minyak dan Lemak	3,0	0,3
9.	pH	6,0-9,0	6,0-9,0
10.	Debit Limbah Paling Tinggi	100 m <sup>3</sup> /ton produk tekstil	100 m <sup>3</sup> /ton produk tekstil

(Sumber: PermenLHK P.16/MENLHK/SETJEN/KUM.1/4/2019).

#### 2.4. Adsorpsi

Adsorpsi merupakan peristiwa terakumulasinya partikel pada permukaan atau antarmuka. Partikel yang terakumulasi dan terjerap oleh permukaan disebut adsorbat dan material tempat terjadinya adsorpsi disebut adsorben (Atkins, 1999). Adsorpsi dipengaruhi oleh sifat fisika dan kimia adsorben seperti ukuran molekul adsorbat, karakteristik adsorbat, waktu pengadukan, konsentrasi adsorbat, suhu, pH dan luas permukaan adsorben. Semakin luas permukaan adsorben maka semakin banyak adsorbat yang teradsorpsi (Saepudin, 2009).

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

##### 1. 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°C selama 2-3 jam 6.

## 2. 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. Adsorpsi kimia yang terpenting adalah spesifikasi dan kepastian pembentukan monolayer sehingga pendekatan yang digunakan adalah dengan menentukan kondisi reaksi. Adsorpsi kimia tidak bersifat reversibel dan umumnya terjadi pada suhu tinggi diatas suhu kritis adsorbat. Oleh karena itu, untuk melakukan proses desorpsi dibutuhkan energi yang lebih tinggi untuk memutuskan ikatan yang terjadi antara adsorben dengan adsorbat (Treybal, 1981).

### 2.5. Adsorben

Adsorben merupakan zat padat yang dapat menyerap komponen tertentu dari suatu fase fluida. Adsorben biasanya menggunakan bahan-bahan yang memiliki pori-pori sehingga proses adsorpsi terjadi di pori-pori atau pada letak-letak tertentu di dalam partikel tersebut. Pori-pori yang terdapat di adsorben biasanya sangat kecil, sehingga luas permukaan dalam menjadi lebih besar daripada permukaan luar. Pemisahan terjadi karena perbedaan bobot molekul atau karena perbedaan polaritas yang menyebabkan sebagian molekul melekat pada permukaan tersebut lebih erat daripada molekul lainnya (Saragih, 2008).

Adsorben dapat digolongkan menjadi dua jenis, yaitu adsorben tidak berpori (*non-porous sorbents*) dan adsorben berpori (*porous sorbents*).

a. Adsorben tidak berpori (*non-porous sorbents*)

Adsorben tidak berpori dapat diperoleh dengan cara pretisipasi deposit kristalin seperti BaSO<sub>4</sub> atau penghalus padatan Kristal. Luas permukaan spesifik kecil, atau tidak lebih dari 10 m<sup>2</sup>/g dan umumnya antara 0,1 s/d 1 m<sup>2</sup>/g. Adsorben tidak berpori seperti filter karet (*rubber filters*) dan karbon hitam bergrafit (*graphitized carbon blacks*) adalah jenis adsorben tidak berpori yang telah mengalami perlakuan khusus sehingga luas permukaannya dapat mencapai ratusan m<sup>2</sup>/g.

b. Adsorben berpori (*porous sorbents*).

Luas permukaan spesifik adsorben berpori berkisar antara 100 s/d 1000 m<sup>2</sup>/g. Biasanya digunakan sebagai penyangga katalis, dehidrator dan penyeleksi komponen. Adsorben ini umumnya berbentuk granular (Arfan, 2006).

## 2.6. Validasi Metode Uji

Validasi adalah proses evaluasi prosedur untuk menentukan kemanjuran dan keandalan dalam analisis dan untuk menentukan bahwa metode cocok untuk tujuan yang dimaksud. Validasi metode sangat diperlukan karena beberapa alasan yaitu validasi metode merupakan elemen penting dari kontrol kualitas, validasi membantu memberikan jaminan bahwa pengukuran dapat diandalkan. Validasi metode adalah persyaratan peraturan dalam beberapa bidang. Organisasi yang mengharuskan validasi metode uji adalah International Standards Organization (ISO) yaitu ISO 17025, AOAC International (*Association of Official Analytical Chemists*), ASTM International (*American Society for Testing and Materials*), ILAC (*International Laboratory Accreditation Cooperation*) (Riyanto, 2014).

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).

Selain itu, terdapat 8 parameter validasi metode analisis yaitu spesifitas, presisi atau ketelitian, akurasi atau ketepatan, linieritas, kisaran, limit deteksi, limit kuantitas dan ketangguhan. Pemilihan parameter yang akan diuji tergantung dari jenis dan metode pengujian yang akan divalidasi (Chan *et. all.*, 2004).

### 2.6.1. Uji Linearitas

Linieritas menunjukkan kemampuan suatu metode analisis untuk memperoleh hasil pengujian yang sesuai dengan konsentrasi analit yang terdapat pada sampel pada kisaran konsentrasi tertentu. Metode pernyataan batas terendah dan tertinggi analit yang sudah ditunjukkan dapat ditetapkan dengan kecermatan, keseksamaan dan linieritas yang dapat diterima. Rentang dapat dilakukan dengan membuat kurva kalibrasi dari beberapa larutan standar yang telah diketahui konsentrasinya (Ermer and Miller, 2005). Linieritas dapat diukur dengan melakukan pengukuran tunggal pada konsentrasi yang berbeda. Data yang diperoleh selanjutnya diproses dengan metode kuadrat terkecil, untuk selanjutnya dapat ditentukan nilai kemiringan (*slope*), intersep, dan koefisien korelasinya (Gandjar dan Rohman, 2014).

Linieritas dapat dilihat melalui kurva kalibrasi yang menunjukkan hubungan antara respon dengan konsentrasi analit pada beberapa seri larutan baku, yang selanjutnya menghasilkan regresi linear berupa persamaan  $y = bx + a$ , x adalah konsentrasi, y adalah respon, a adalah intersep y adalah absorbansi dan b adalah slop. Tujuan dibuat persamaan regresi ini adalah untuk mengurangi *residual error*, yaitu adanya perbedaan nilai hasil percobaan dengan nilai yang didapatkan dari persamaan regresi linear (Harvey, 2000). Parameter adanya hubungan linear digunakan koefisien korelasi r pada analisis regresi linear (Harmita, 2004).



### 2.6.2. *Limit of Detection (LoD) dan Limit of Qualification (LoQ)*

*Limit of Detection* (LOD) atau limit deteksi adalah konsentrasi analit terkecil analit dalam sampel yang dapat dideteksi dan memiliki respon signifikan. Batas deteksi yang didefinisikan sebagai konsentrasi unsur dalam mg/L, yang memberikan pembacaan sebanding dengan 3 kali deviasi standar dari serapan yang diukur pada kondisi blanko. Batas deteksi dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan 1 dan 2.

$$\text{LoD} = 3 \times \text{SD} \quad (1)$$

Keterangan:

LoD : Limit deteksi

SD : Simpangan Baku

*Limit of Qualification* atau batas kuantifikasi diartikan sebagai parameter pada analisis sekelumit yang diartikan sebagai kuantitasi terkecil analit dalam sampel yang masih dapat memenuhi kriteria cermat dan seksama. Untuk penentuan limit kuantifikasi dapat digunakan rumus:

$$\text{LoQ} = 10 \times \text{SD} \quad (2)$$

Keterangan:

LoQ : Limit kuantifikasi

SD : Simpangan baku respon analitik dari blanko

### 2.6.3. **Presisi**

Presisi adalah ukuran yang menunjukkan derajat kesesuaian antara hasil uji individual, diukur melalui penyebaran hasil individual dari rata-rata jika prosedur diterapkan secara berulang pada sampel-sampel yang diambil dari campuran yang homogen. Presisi diukur sebagai simpangan baku atau simpangan baku relatif (koefisien variasi). Presisi dapat dinyatakan sebagai *repeatability* (keterulangan), *intermediate precision* (presisi antara) dan *reproducibility* (ketertiruan).

*Repeatability* adalah keseksamaan metode jika dilakukan berulang kali oleh analis pada kondisi yang sama dan dalam interval waktu yang pendek. Presisi antara adalah pengukuran kinerja metode dimana sampel diuji dan dibandingkan menggunakan tenaga analis berbeda, peralatan berbeda atau hari berbeda.

*Reproducibility* adalah keseksamaan metode jika dikerjakan pada kondisi yang berbeda, analisis dilakukan dalam laboratorium yang berbeda menggunakan peralatan, pereaksi, pelarut, dan analis yang berbeda pula. Presisi dari metode uji ditentukan dengan persamaan 3 dan 4:

$$\text{RSD} = \frac{\text{SD}}{\bar{X}} \times 100\% \quad (3)$$

$$\text{SD} = \sqrt{\frac{\sum(X-\bar{X})^2}{n-1}} \quad (4)$$

Keterangan:

SD : Standar Deviasi

$\bar{X}$  : Nilai Rata-rata

n : Ulangan

RSD : Relatif Standar Deviation

Kriteria seksama diberikan jika metode memberikan simpangan baku relatif (RSD) atau koefisien variasi (CV) 2% atau kurang. Kriteria ini sangat fleksibel tergantung pada konsentrasi analit yang diperiksa, jumlah sampel, dan kondisi laboratorium (Riyanto, 2014).

#### 2.6.4. Akurasi

Akurasi adalah ukuran yang menunjukkan derajat kedekatan hasil analisis dengan kandungan analit yang sebenarnya (Gary, 1997). Akurasi dinyatakan sebagai persen perolehan kembali (*recovery*) analit yang ditambahkan. Akurasi dapat

ditentukan melalui dua cara, yaitu metode simulasi (*spiked-placebo recovery*) atau metode penambahan baku (*standard addition method*). Metode simulasi, sejumlah analit ditambahkan ke dalam plasebo (semua campuran reagen yang digunakan minus analit), lalu campuran tersebut dianalisis dan hasilnya dibandingkan dengan kadar standar yang ditambahkan (kadar yang sebenarnya) sedangkan dalam metode adisi (penambahan baku), sampel dianalisis lalu sejumlah tertentu analit yang diperiksa (*pure analit/standar*) ditambahkan ke dalam sampel, dicampur dan dianalisis lagi. Selisih kedua hasil dibandingkan dengan kadar yang sebenarnya (hasil yang diharapkan). Metode penambahan baku, pengukuran blanko tidak diperlukan lagi. Metode ini tidak dapat digunakan jika penambahan analit dapat mengganggu pengukuran, misalnya analit yang ditambahkan menyebabkan kekurangan pereaksi, mengubah pH atau kapasitas dapar (Riyanto, 2014).

Uji akurasi dilihat dari bahan kontrol dan dihitung sebagai persen recovery (% R), sehingga diperoleh metode yang akurat. Persen *recovery range* yang disetujui berkisar 80-120% (ISO 5725-1, 1994). Persamaan 5 merupakan persamaan matematis untuk menentukan persen *recovery*.

$$Recovery (\%) = \frac{A-B}{C} \times 100 \% \quad (5)$$

Keterangan:

A = Konsentrasi sampel yang di spike

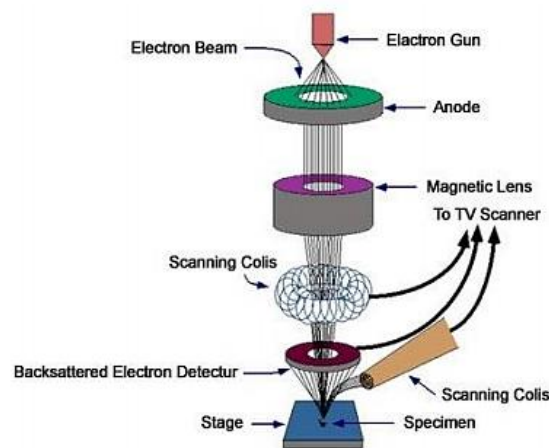
B = Konsentrasi sampel yang tidak di spike

C = Konsentrasi standar yang diperoleh

## 2.7. Karakterisasi dan Instrumentasi

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

*Scanning electron microscope* (SEM) adalah salah satu jenis mikroskop elektron yang menggunakan berkas elektron untuk menggambarkan bentuk permukaan dari sampel yang dianalisis. SEM memiliki resolusi yang lebih tinggi daripada *optical microscope* (OM). Hal ini disebabkan panjang gelombang *de Broglie* yang dimiliki elektron lebih pendek daripada gelombang OM. Semakin kecil panjang gelombang yang digunakan maka semakin tinggi resolusi mikroskop. SEM memiliki resolusi yang lebih tinggi daripada OM. Resolusi yang mampu dihasilkan OM hanya 200 nm, sedangkan resolusi yang dapat dihasilkan SEM mencapai 0.1 – 0.2 nm (Schweitzer, 2014).



**Gambar 3.** Prinsip Kerja SEM (Sumber Schweitzer, 2014).

SEM menggunakan prinsip *scanning* yaitu berkas elektron diarahkan pada titik permukaan spesimen. Gerakan elektron diarahkan dari satu titik ke titik lain pada permukaan spesimen. Seberkas sinar elektron ditembakkan pada permukaan spesimen maka sebagian dari elektron itu akan dipantulkan kembali dan sebagian lagi diteruskan. Permukaan spesimen yang tidak merata, banyak lekukan, lipatan atau lubang-lubang, maka tiap bagian permukaan itu dapat memantulkan elektron

dengan jumlah dan arah yang berbeda dan kemudian akan ditangkap oleh detektor dan akan diteruskan ke sistem layar. Hasil yang diperoleh merupakan gambaran yang jelas dari permukaan spesimen dalam bentuk tiga dimensi. Penelitian morfologi permukaan dengan menggunakan SEM, pemakaiannya sangat terbatas tetapi memberikan informasi yang bermanfaat mengenai topologi permukaan dengan resolusi sekitar  $100 \text{ \AA}$  (Stevens, 2001).

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  $200 \text{ \AA}$  sampai  $0,5 \text{ \mu m}$  (Mursal, 2017). Fungsi utama dari SEM antara lain dapat digunakan untuk mengetahui informasi-informasi sebagai berikut:

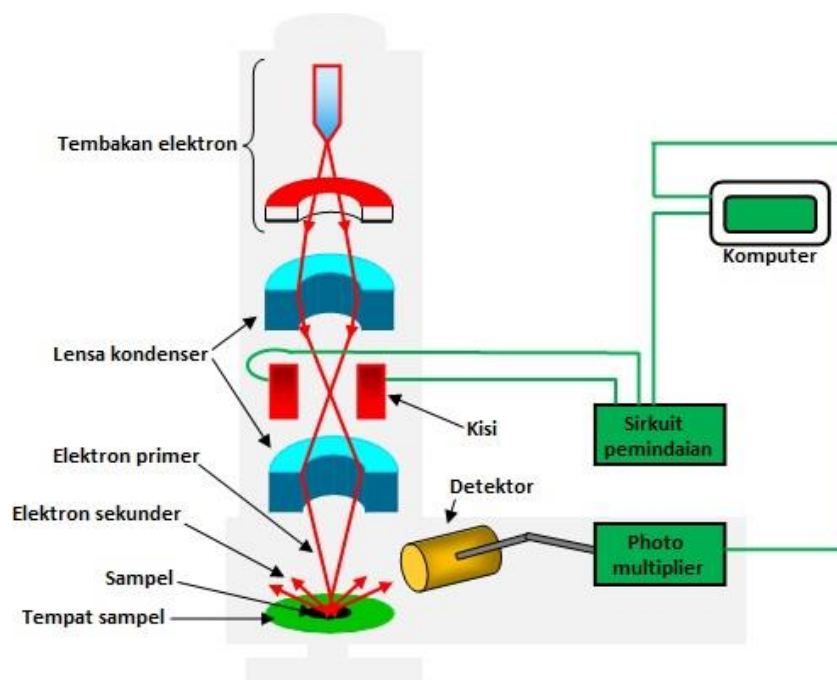
- Topografi, yaitu ciri-ciri permukaan dan teksturnya (kekerasan, sifat memantulkan cahaya, dan sebagainya).
- Morfologi, yaitu bentuk dan ukuran dari partikel penyusun objek (kekuatan, cacat pada *Integrated Circuit (IC)* dan *chip*, dan sebagainya).
- Komposisi, yaitu data kuantitatif unsur dan senyawa 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 (konduktifitas, 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.

Komposisi penting dari SEM meliputi:

- Sumber elektron
- Lensa kondensor
- Wadah sampel
- Detektor
- Perangkat *Display/Data Output*
- Persyaratan infrastruktur meliputi sumber daya listrik, sistem vakum, sistem pendingin dan rantai bebas getar (Swapp, 2017).

Adapun Komposisi SEM yaitu pada Gambar 4.



**Gambar 4.** Komponen Penyusun SEM (Sumber: Sujatno dkk, 2015).

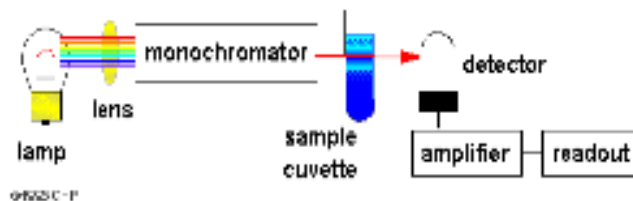
Jenis sinyal terkumpul dalam suatu SEM bervariasi dan dapat meliputi elektron sekunder, karakteristik sinar-*rontgen* dan hamburan balik elektron. Penggunaan mikroskop elektron merupakan berkas cahaya elektron yang dipusatkan untuk memperoleh perbesaran jauh lebih tinggi dibanding suatu mikroskop cahaya konvensional. Pengukuran SEM, untuk setiap sampel dianalisis dengan menggunakan analisis area. Sinar elektron yang dihasilkan oleh 'gun' dialihkan

hingga mengenai sampel. Aliran sinar elektron ini selanjutnya difokuskan menggunakan elektron optik *columb* sebelum sinar elektron tersebut membentuk atau mengenai sampel. Sinar elektron setelah mengenai sampel, maka terjadi beberapa interaksi-interaksi pada sampel yang disinari. Interaksi yang terjadi tersebut selanjutnya dapat terdeteksi dan diubah kedalam sebuah gambar oleh analisis SEM (Julinawati dkk, 2015).

### **2.7.2. Spektrofotometri UV-VIS**

Spektrofotometri merupakan suatu metode analisis yang didasarkan pada pengukuran serapan sinar makromatis oleh suatu lajur larutan berwarna pada panjang gelombang spesifik dengan menggunakan monokromator prisma atau kisi difraksi dengan fototube atau tabung foton hampa. Alat yang digunakan adalah spektrofotometer, yaitu suatu alat yang di gunakan untuk menentukan suatu senyawa baik secara kuantitatif maupun kualitatif dengan mengukur transmittan atau absorbansi dari suatu cuplikan sebagai fungsi dari konsentrasi (Hardjadi, 1990).

Spektrofotometri UV-Vis adalah pengukuran energi cahaya oleh suatu sistem kimia pada panjang gelombang tertentu. Sinar ultraviolet (UV) mempunyai panjang gelombang antara 200-400 nm, dan sinar tampak (visible) mempunyai panjang gelombang 400-750 nm. Pengukuran menggunakan spektrofotometer melibatkan energi elektronik yang cukup besar pada molekul yang dianalisis, sehingga spektrofotometer UV-Vis lebih banyak dipakai untuk analisis kuantitatif dibandingkan kualitatif. Konsentrasi dari analit di dalam larutan sampel bisa ditentukan dengan mengukur absorbansi sinar oleh sampel pada panjang gelombang tertentu dengan menggunakan hukum *Lambert-Beer* (Gandjar dan Rohman, 2007).



**Gambar 5.** Prinsip Dasar Spektrofotometer (Suhartati, 2013).

Prinsip dasar dari Spektrofotometri UV-Vis (Gambar 5) yaitu cahaya yang berasal dari lampu *deuterium* maupun *wolfram* yang bersifat polikromatis diteruskan melalui lensa menuju ke monokromator pada spektrofotometer dan filter cahaya pada fotometer. Monokromator kemudian mengubah cahaya polikromatis menjadi cahaya monokromatis (tunggal). Berkas-berkas cahaya dengan panjang gelombang tertentu kemudian melewati sampel yang mengandung suatu zat dalam konsentrasi tertentu. Oleh karena itu, terdapat cahaya yang diserap (di absorpsi) dan ada pula yang dilewatkan. Cahaya yang dilewatkan ini kemudian diterima oleh detektor. Detektor kemudian menghitung cahaya yang diterima dan mengetahui cahaya yang diserap oleh sampel (Gandjar dan Rohman, 2007).

Panjang gelombang serapan merupakan ukuran perbedaan tingkat-tingkat energi dari orbital-orbital. Elektron dalam ikatan sigma tereksitasi maka diperlukan energi paling tinggi dan memberikan serapan pada 120-200 nm. Daerah ini dikenal sebagai daerah ultraviolet hampa, karena pada pengukuran tidak boleh ada udara, sehingga sukar dilakukan dan relatif tidak banyak memberikan keterangan untuk penentuan struktur. Identifikasi kualitatif senyawa organik dalam daerah ini jauh lebih terbatas daripada dalam daerah inframerah, dikarenakan pita serapan pada daerah UV-Vis subtingkat subtingkat terlalu lebar dan kurang terperinci. Gugus-gugus fungsional tertentu seperti karbonil, nitro, dan sistem tergabung menunjukkan puncak karakteristik dan dapat diperoleh informasi yang berguna mengenai ada tidaknya gugus tersebut dalam suatu molekul (Day dan Underwood, 1998). Spektrum cahaya pada panjang gelombang sinar tampak dan ultraviolet beserta warna-warna komplementer ditampilkan pada Tabel 4.



**Tabel 4.** 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, R.A. dan Underwood, A.L 2002).

Pelarut yang sering digunakan adalah air, etanol, metanol dan *n*-heksana karena pelarut ini transparan pada daerah UV. Tabel 5, memuat pelarut-pelarut dengan yang mengabsorpsi sinar UV pada panjang gelombang spesifik.

**Tabel 5.** Absorpsi sinar UV pada  $\lambda$  maks dari beberapa pelarut

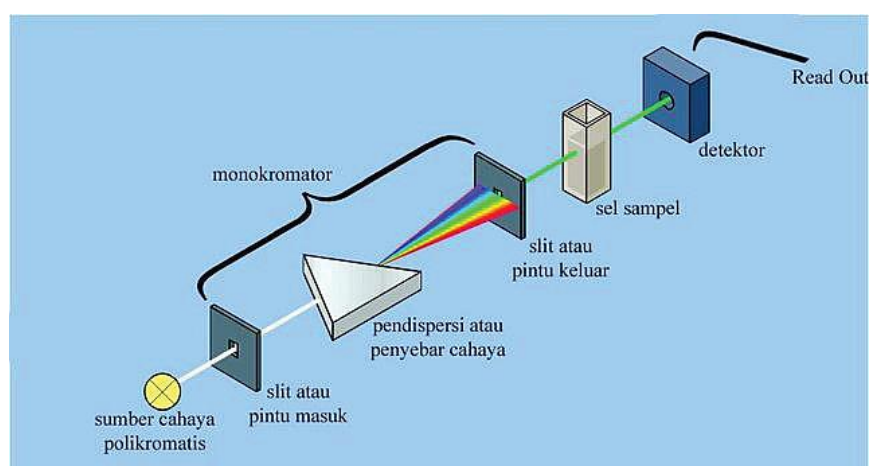
Pelarut	$\lambda$ maks. (nm)	Pelarut	$\lambda$ maks. (nm)
Asetonitril	190	<i>n</i> -Heksana	201
Kloroform	240	Metanol	205
Sikloheksana	195	Isooktana	195
1-4 dioksan	215	Air	190
Etanol 95%	205	Aseton	330
Benzena	285	Piridina	305

(Sumber: Suhartati, 2017).

Interaksi senyawa organik dengan sinar ultraviolet dan sinar tampak, dapat digunakan untuk menentukan struktur molekul senyawa organik. Bagian dari molekul yang paling cepat bereaksi dengan sinar tersebut adalah elektron-elektron ikatan dan elektron-elektron nonikatan (elektron bebas). Sinar ultraviolet dan sinar tampak merupakan energi, yang bila mengenai elektron-elektron tersebut,

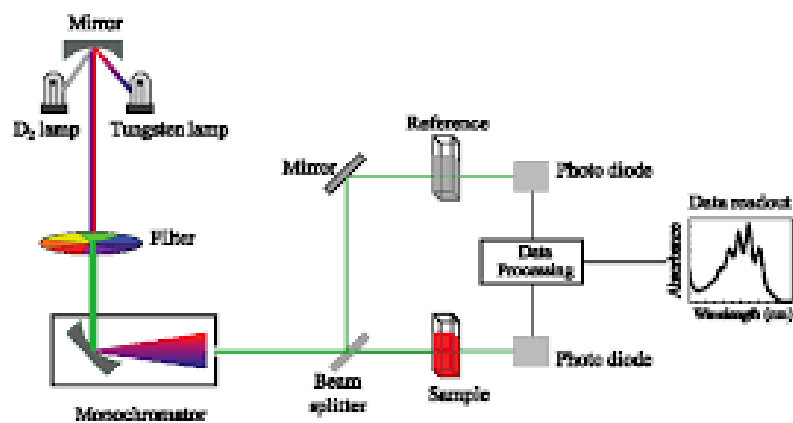
maka elektron akan tereksitasi dari keadaan dasar ke tingkat energi yang lebih tinggi, eksitasi elektron-elektron ini, direkam dalam bentuk spektrum yang dinyatakan sebagai panjang gelombang dan absorbansi, sesuai dengan jenis elektron-elektron yang terdapat dalam molekul yang dianalisis. Semakin mudah elektron-elektron bereksitasi makin besar panjang gelombang yang diabsorpsi, makin banyak elektron yang bereksitasi makin tinggi absorbansi.

Spektrofotometri UV-Vis ada beberapa istilah yang digunakan terkait dengan molekul, yaitu kromofor, auksokrom, efek batokromik atau pergeseran merah, efek hipokromik atau pergeseran biru, hipsokromik, dan hipokromik. Kromofor adalah molekul atau bagian molekul yang mengabsorpsi sinar dengan kuat di daerah UV-Vis, misalnya heksana, aseton, asetilen, benzena, karbonil, karbondioksida, karbon monoksida, gas nitrogen. Auksokrom adalah gugus fungsi yang mengandung pasangan elektron bebas berikatan kovalen tunggal, yang terikat pada kromofor yang mengintensifkan absorpsi sinar UV-Vis pada kromofor tersebut, baik panjang gelombang maupun intensitasnya, misalnya gugus hidroksi, amina, halida, alkoksi (Suhartati, 2017). Tipe instrumen spektrofotometer ada dua, yaitu *single-beam* (Gambar 6) dan *double-beam* (Gambar 7).



**Gambar 6.** Skema Spektrofotometer UV-Vis (*Single Beam*) (Sumber: Suhartati, 2017).

- 1) *Single-beam instrumen* dapat digunakan untuk kuantitatif dengan mengukur absorbansi pada panjang gelombang tunggal. *Single-beam instrument* mempunyai beberapa keuntungan yaitu sederhana, harganya murah, dan mengurangi biaya yang ada merupakan keuntungan yang nyata. Beberapa instrumen menghasilkan *single-beam instrument* untuk pengukuran sinar ultra violet dan sinar tampak. Panjang gelombang paling rendah adalah 190 sampai 210 nm dan paling tinggi adalah 800 sampai 1000 nm (Suhartati, 2017).
- 2) *Double-beam* dibuat untuk digunakan pada panjang gelombang 190 sampai 750 nm. *Double-beam instrument* mempunyai dua sinar yang dibentuk oleh potongan cermin yang berbentuk V yang disebut pemecah sinar. Sinar pertama melewati larutan blanko dan sinar kedua secara serentak melewati sampel (Skoog *et.all.*, 1996).



**Gambar 7.** Skema Spektrofotometer UV-Vis (*Double-Beam*)  
(Sumber: Suhartati, 2017).

### III. METODE PENELITIAN

#### 3.1. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Desember 2020-Juni 2021 di Laboratorium Kimia Analitik dan Instrumentasi Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung (Unila). Sampel Kayu Bakau diambil dari kawasan pantai Dewi Mandapa, Pesawaran, 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) Univeritas Lampung (Unila) dan hasil analisis adsorpsi larutan pewarna tekstil biru tua kode 5 menggunakan spektrofotometer UV-VIS dilakukan di Laboratorium Kimia Analitik dan Instrumentasi Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung (Unila).

#### 3.2. Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah peralatan gelas laboratorium yang umum digunakan yaitu spatula, pengaduk magnetik, cawan porselin, desikator, ayakan 106  $\mu\text{m}$ , mortar dan alu, wadah logam kedap udara, oven tipe *Heraeus*, neraca analitik tipe ABS220-4, pH meter, tanur tipe *Heraeus KR170E0*, *Scanning Electrone 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, metanol, pewarna tekstil warna biru tua kode 5,  $\text{H}_3\text{PO}_4$  10%,  $\text{HCl}$  0,1 M,  $\text{NaOH}$  0,1 M, larutan *buffer* asetat, larutan *buffer* fosfat, kertas saring, kertas saring *whattman* 41, 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, Pesawaran, Provinsi Lampung dibersihkan dan dikeringkan menggunakan oven pada suhu  $110^\circ\text{C}$ . Kayu bakau yang telah kering kemudian dikarbonisasi dengan dibakar selama kurang lebih 1 jam sehingga diperoleh karbon kayu bakau yang selanjutnya dihaluskan menggunakan mortar dan alu, kemudian diayak menggunakan ayakan berukuran  $106\ \mu\text{m}$ . Karbon kayu bakau yang lolos dari ayakan selanjutnya diaktivasi secara fisika-kimia.

#### **3.3.2. Aktivasi Karbon**

##### **1) Aktivasi Fisika**

Proses aktivasi secara fisika dilakukan dengan menimbang 500 gram karbon yang telah diayak lalu dimasukkan dalam tanur pada suhu  $500^\circ\text{C}$  selama 1 jam. Karbon didinginkan dalam desikator hingga suhu stabil dan diperoleh karbon yang diaktivasi secara fisika (CAF).

##### **2) Aktivasi Fisika-Kimia**

Karbon aktif hasil aktivasi fisika dilakukan aktivasi kimia dengan perendaman karbon dalam  $\text{H}_3\text{PO}_4$  10% selama 24 jam. Karbon aktif disaring dan dibilas dengan akuades hingga pH mendekati netral. Karbon aktif dikeringkan dalam

oven pada suhu 70°C selama 1 jam. Karbon aktif didinginkan dalam desikator hingga suhunya stabil dan diperoleh karbon yang diaktivasi secara fisika-kimia (Khuluk, 2016; Fitria, 2018).

### 3.3.3. Identifikasi Karakteristik Karbon Aktif

#### 1) 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 persamaan 6.

$$\text{Kadar Air} = \frac{(b-c)}{(b-a)} \times 100 \% \quad (6)$$

Keterangan:

a = Massa cawan (gram)

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

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

#### 2) Kadar Abu (SNI 06-3730-1995)

Karbon aktif ditimbang sebanyak 2 gram, lalu dimasukkan ke dalam cawan poselin 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 persamaan 7.

$$\text{Kadar Abu} = \frac{(c-a)}{(b-a)} \times 100 \% \quad (7)$$

Keterangan:

a = Massa cawan (gram)

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

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

### 3) 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 persamaan 8.

$$\text{Kadar Zat Terbang} = \frac{(b-c)}{(b-a)} \times 100 \% \quad (8)$$

Keterangan:

a = Massa cawan (gram)

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

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

### 4) Kadar Karbon Murni (SNI 06-3730-1995)

Kadar karbon murni dapat dihitung dengan persamaan 9.

$$\text{Kadar Karbon Aktif Murni} = 100 \% - (\text{Kadar Abu} + \text{Kadar Zat Terbang}) \quad (9)$$

### 5) 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 dititrasikan 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 dititrasikan kembali hingga warna biru tepat hilang.

Daya serap karbon aktif terhadap iod dapat ditentukan dengan persamaan:

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

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 yang tidak diaktivasi dan karbon aktif fisika-kimia selanjutnya dikarakterisasi menggunakan *Scanning Electrone Microscopy-Energi Dispersive X-Ray* (SEM-EDX) untuk mengetahui morfologi permukaan adsorben.

### 3.3.5. Penentuan Panjang Gelombang Maksimum Pewarna Tekstil Biru Tua kode 5

Panjang gelombang maksimum pewarna tekstil biru tua kode 5 diketahui dengan cara mengukur larutan pewarna tekstil biru tua kode 5 dengan konsentrasi 50 ppm pada panjang gelombang 400-800 nm menggunakan spektrofotometer UV-Vis untuk mengetahui panjang gelombang maksimum.

### 3.3.6. Validasi Metode

#### 1) Uji Linearitas

Larutan pewarna tekstil biru tua kode 5 dibuat 5 variasi konsentrasi yaitu: 1; 3; 5; 7 dan 9 ppm. Larutan tersebut diukur absorbansinya menggunakan spektrofotometer UV-Vis, lalu dibuat persamaan linier hubungan antara konsentrasi dan absorbansi dari nilai absorbansi yang didapat. Uji linieritas ditentukan dari nilai R yang didapat.



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

Penentuan LoD dan LoQ diperoleh dari pengukuran larutan pewarna biru tua kode 5 dengan konsentrasi 1 ppm dan dilakukan sebanyak 7 kali. Hasil pengukuran dihitung berdasarkan persamaan kurva kalibrasi yang diperoleh.

## 3) Uji Presisi

Penentuan uji presisi dilakukan dengan mengukur konsentrasi larutan pewarna tekstil biru tua kode 5 sebanyak 7 kali pengulangan. Hitung standar deviasi (SD) dan standar deviasi relatif (RSD) dari data yang diperoleh.

## 4) Uji Akurasi

Penentuan akurasi dilakukan dengan menambahkan sejumlah analit murni ke dalam campuran (CF). Campuran kemudian 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 didapatkan menunjukkan ketepatan. Ketepatan dihitung sebagai persen *recovery*.

### 3.3.7. Optimasi Karbon Aktif

#### 1) Variasi Berat

Larutan pewarna tekstil biru tua kode 5 konsentrasi 50 ppm sebanyak 50 mL dimasukkan ke dalam 5 erlenmeyer, kemudian masing-masing ditambahkan karbon aktif sebanyak 0,02; 0,04; 0,06; 0,08; 0,1 gram. Larutan kemudian diaduk dengan alat pengaduk selama 1 jam. Setelah itu, larutan dipisahkan dengan disaring menggunakan kertas saring *whattman 41*. Filtrat yang diperoleh diukur

menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang maksimum zat pewarna tekstil biru tua kode 5.

## 2) Variasi pH

Larutan pewarna tekstil biru tua kode 5 konsentrasi 50 ppm sebanyak 50 mL konsentrasi dimasukkan kedalam 5 erlenmeyer. 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. Larutan *buffer* ditambahkan pada masing-masing erlenmeyer, *buffer* asetat untuk mempertahankan pH 3 sampai 6, *buffer* pospat untuk mempertahankan pH 7 dan 8 serta *buffer* universal untuk mempertahankan pH 9 dan 10. Karbon aktif ditambahkan sejumlah tertentu, kemudian larutan diaduk selama 1 jam dengan alat pengaduk. Larutan disaring menggunakan kertas saring *whattman 41*. Filtrat yang diperoleh diukur menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang maksimum zat pewarna tekstil biru tua kode 5.

## 3) Variasi Waktu Kontak

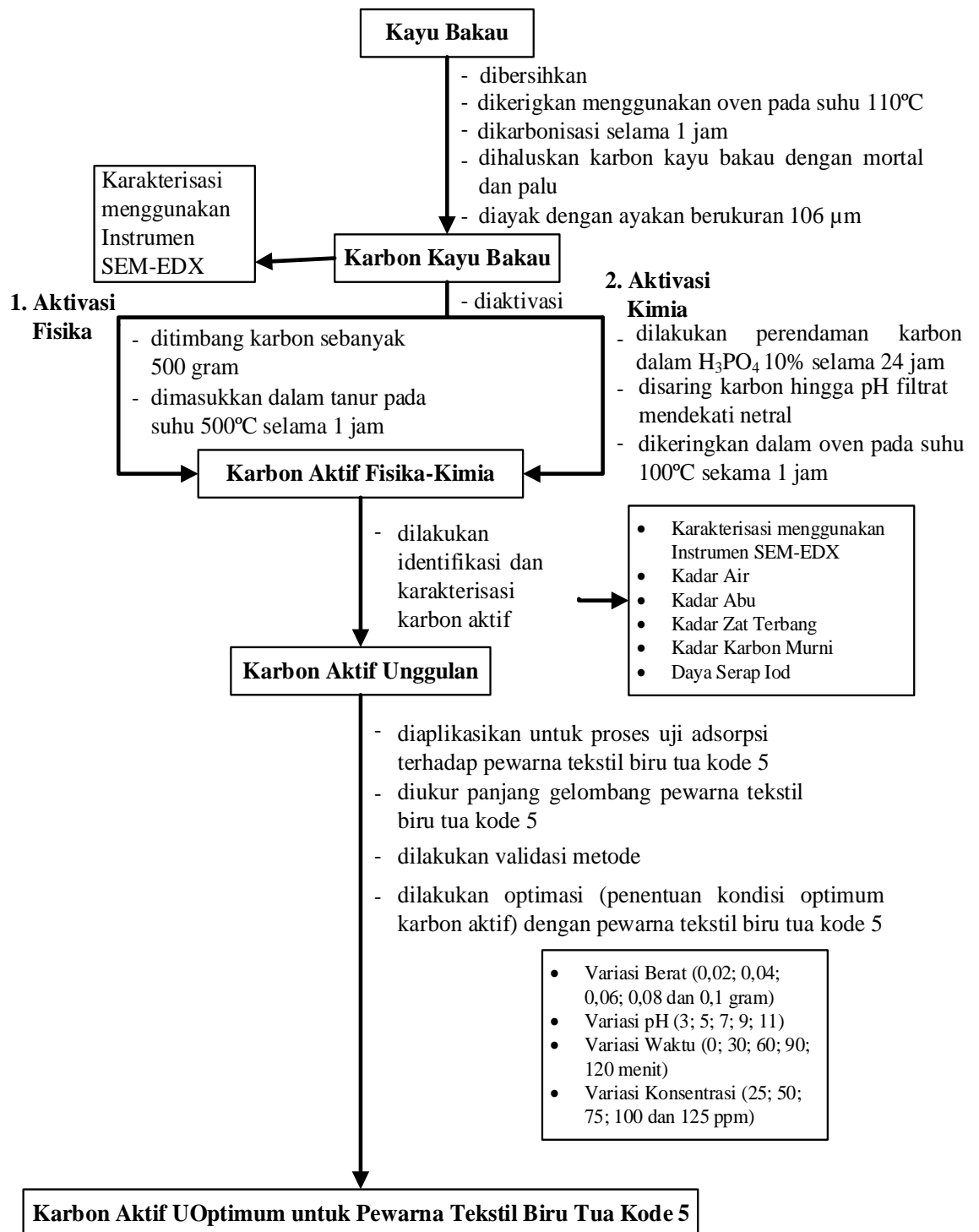
Larutan pewarna tekstil biru tua kode 5 konsentrasi 50 ppm sebanyak 50 mL dimasukkan kedalam 5 erlenmeyer kemudian larutan dibuat pada kondisi pH optimum dan ditambahkan sejumlah karbon aktif tertentu. Larutan diaduk menggunakan alat pengaduk dengan variasi waktu 15; 30; 60; 90 dan 120 menit. Larutan kemudian disaring menggunakan kertas saring *whattman 41*. Filtrat yang diperoleh diukur menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang maksimum pewarna tekstil biru tua kode 5.

## 4) Variasi Konsentrasi

Larutan zat pewarna tekstil biru tua 5 sebanyak 50 mL dengan variasi konsentrasi 25; 50; 75; 100 dan 125 ppm masing masing dimasukkan ke dalam Erlenmeyer

dan dibuat pada pH optimum. Larutan tersebut kemudian ditambahkan karbon aktif sejumlah tertentu. Larutan diaduk menggunakan alat pengaduk pada waktu kontak optimum. Larutan disaring menggunakan kertas saring *whattman 41*. Filtrat yang diperoleh diukur menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang maksimum zat pewarna tekstil biru tua 5.

### 3.4. Diagram Alir



## **V. SIMPULAN DAN SARAN**

### **5.1. SIMPULAN**

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan maka diperoleh kesimpulan bahwa:

1. Pembuatan karbon aktif kayu bakau berhasil dilakukan dan identifikasi karakteristik karbon aktif yang diperoleh sesuai dengan dengan SNI 06-3730-1995 dengan perolehan rendemen karbon aktif sebesar 60,400%.
2. Adsorpsi pewarna tekstil biru tua kode 5 oleh adsorben karbon aktif kayu bakau diperoleh kondisi optimum pada massa 0,1 gram, pH 3, waktu kontak 120 menit dan konsentrasi 100 ppm dengan perolehan persen adsorpsi masing-masing sebesar 59,116% ; 63,745% ; 69,665% dan 65,764%.
3. Isoterm adsorpsi pewarna tekstil biru tua kode 5 oleh karbon aktif kayu bakau pada penelitian ini cenderung mengikuti model isoterm adsorpsi Freundlich dengan perolehan nilai koefisien korelasi ( $R^2$ ) sebesar 0,960.

### **5.2. SARAN**

Penelitian lebih lanjut disarankan untuk:

1. Melakukan analisis adsorpsi pewarna tekstil lain dengan karbon aktif kayu bakau.
2. Melakukan pembuatan karbon aktif dari kayu bakau dengan zat aktivator yang berbeda.
3. Melakukan perbandingan analisis adsorpsi menggunakan karbon aktif lainnya dan karbon aktif pabrikan (Merck).

## DAFTAR PUSTAKA

- Arfan, Y. 2006. *Pembuatan Karbon Aktif Berbahan Dasar Batubara dengan Perlakuan Aktivasi Terkontrol Serta Uji Kinerjanya*. Teknik Kimia Universitas Indonesia. Jakarta.
- AOAC. 2002. *Peer Verified Methods Program, Manual on Policies and Procedures*. Arlington. USA.
- Atkins, P. W. 1999. *Kimia Fisik. Edisi ke-4*. Erlangga. Jakarta.
- Badan Pusat Statistik [BPS]. 2017. *Luas dan kondisi hutan mangrove*. Badan Pusat Statistik Provinsi Lampung. Lampung.
- Chan, C.C., LEE, H.L.Y.C. and Zhang, X. 2004. *Analytical Method Validation and Instrumental Performant Verification*. Willey Intercine A. John Willy and Sons. Inc., Publication.
- Day, R.A. dan Underwood, A. L. 1998. *Analisis Kimia Kuantitatif Edisi Keenam*. Erlangga. Jakarta.
- Day, R.A. dan Underwood, A. L. 2002. *Analisis Kimia Kuantitatif Edisi Keenam*. Erlangga. Jakarta.
- Dewi, R., Azhari dan Nofriadi, I. 2020. Aktivasi Karbon dari Kulit Pinang dengan Menggunakan Aktivator Kimia KOH. *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*. **9(2)**:12-22.
- Elmariza, J., Titin A. Z., dan Stave, A. 2015. Optimasi ukuran partikel, massa dan Waktu Kontak Karbon Aktif Berdasarkan Efektivitas Adsorpsi *Beta-Baroten* pada CPO. *JKK*. **4(2)**: 21-25.
- Ermer, J. H., and Miller, McB. 2005. *Method Validation in Pharmaceutical Analysis, A Guide To Best Practice*. Willey – Vch, Verlag GmbH and Co. KGaA. Weinheim.

- Fayazi, M., Taher, M. A., Afzali, D. Mostafavi, A. 2016. Enhanced Fenton Like Degradation of Methylene Blue by Magnetically Activated Carbon/Hydrogen Peroxide with Hydroxylamine as Fenton Enhancer. *Journal of Molecular Liquids*. **216**: 781-787.
- Fernianti, D. 2013. Analisis Kemampuan Adsorpsi Karbon Aktif dari Ampas Kopi Bubuk yang Sudah Diseduh. *Jurnal Berkala Teknik*. **3(2)**: 563-572.
- Fessenden, R. J. dan Fessenden, J. S. 1982. *Kimia Organik*. Erlangga. Jakarta.
- Gary, C. D. 1997. *Analytical Chemistry. (5th edition)*. Jhon Wiley and Sons Inc. New York.
- Ganjar, G.I dan Rohman, A. 2007. *Kimia Farmasi Analisis*. Pustaka Pelajar. Yogyakarta.
- Gandjar, G. I dan Rohman, A. 2014. *Kimia Farmasi Analisis*. Pustaka Belajar. Yogyakarta.
- Halimah, S. N. 2016. *Pemuatan dan Karakteruisasi serta Uji Adsorpsi Karbon Aktif tempurung kemiri (Aleurites Moluccana) terhadap Metilen Biru. (Skripsi)*. Kimia FMIPA Unila. Bandar Lampung.
- Hameed, B.H., Ahmad, A.A., and Aziz, N. 2007. *Chemical Engineering Science*.
- Hardjadi. 1990. *Ilmu Kima Analitik Dasar*. Gramedia. Jakarta.
- Hardyanti, F. 2011. *Komponen Bioaktif dan Aktivitas Antioksidan Anemon Laut (Stichodactyla gigantea). (Skripsi)*. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Harmita. 2004. *Majalah Ilmu Kefarmasian*. Departemen Kimia FMIPA-UI. Universitas Indonesia. Depok.
- Harvey, D. 2000. *Modern Analytical Chemistry*. McGraw-Hill Comp. New York.
- Hassler, J. W. 1974. Active Carbon. *Chemical Publishing Company Incorporated. Brooklyn*. **105**: 59-61.

- Heaton, A. 1994. *The Chemical Industry, Second Edition. Blackie Academic and Profesional*. Chapman and Hall London. London.
- Hutapea, E., M., Iwantono, I., Farma, R., Saktiono, S., Awitdrus, A. 2017. Pembuatan dan Karakterisasi Karbon Aktif dari Bambu Betung (*Dendrocalamus Asper*) dengan Aktivasi KOH Berbantuan Gelombang Mikro. Fisika FMIPA Universitas Riau. Riau.
- Jamilatun, S. dan Setyawan, M. 2014. Pembuatan Arang Aktif dari Tempurung Kelapa dan Aplikasinya untuk Penjernihan Asap Cair. *Jurnal Spektrum Industri*. **12**(1): 1–112.
- Julinawati., Sarah, N., dan Rossy, A. S. 2015. Karakterisasi Batuan Aceh Menggunakan *Scanning Electron Microscope-Energy Dispersive X-Ray (SEM-EDX)* dan *X-Ray Difrraction (XRD)*. Jakarta.
- Khuluk, R. H., 2016. *Pembuatan dan Karakteristik Karbon Aktif dari Tempurung Kelapa (Cocous nucifera L.) Sebagai Adsorben Zat Warna Metilen Biru. (Skripsi)*. Kimia FMIPA Unila. Bandar Lampung Lampung.
- Kusdarini, E., Budianto, A. dan Ghafarunnisa, D. 2017. Produksi Karbon Aktif dari Batubara Bituminus dengan Aktivasi Tunggal  $H_3PO_4$  Kombinasi  $H_3PO_4-NH_4HCO_3$  dan Termal. *Reaktor*. **17**(2): 74-80.
- Kusuma, C. 2015. Integrated Sustainable Mangrove Forest Management. *Jurnal Pengelolaan Sumber Daya Alam dan Lingkungan*. **5**(1): 1-6.
- Lemgang, M. 2009. Sifat-Sifat Arang Aktif Tempurung Kemiri dan Aplikasinya Sebagai Komponen Media Tumbuh pada Tanaman Melina (*Gmelina arborea Roxb.*) *Tesis Master*. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- 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.
- Luziana, F. 2018. *Modifikasi Karbon Aktif dari Tempurung Kelapa Sawit dengan Teknik Pelapisan Magnetit sebagai Adsorben Kristal Violet. (Skripsi)*. FMIPA Universitas Lampung. Lampung.
- Massayu, P. 2009. *Limbah Arang Sekam Padi Sebagai Adsorben Ion Cr (III) dan Cr (IV). (Skripsi)*. IPB. Bogor.



- Masthura dan Zulkarnain, P. 2018. Karakterisasi Mikrostruktur Karbon Aktif Tempurung Kelapa dan Kayu Bakau. *Journal of Islamic Science and Technology*. **4**(1). 45-54.
- Maulana, G.G.R., Agustina, L., & Susi. 2017. Proses aktivasi arang aktif dari cangkang kemiri (*Aleurites moluccana*) dengan variasi jenis dan konsentrasi aktivator kimia. *Jurnal Ziraah*. **42**(3): 247-256.
- Miranti, S., T., Sudibandriyo, M. 2012. Pembuatan Karbon Aktif Dari Bambu dengan Metode Aktivasi Terkontrol Menggunakan *Activating Agent* H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> dan KOH. Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia. Jakarta. Jakarta.
- Muna, N. 2014. *Adsorpsi Zat Warna Malachite Green (MG) Oleh Komposit Kitosan-Bentonit. (Skripsi)*. Kimia Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga. Yogyakarta.
- Mursal, I. L. P. 2017. *Karakterisasi Xrd Dan SEM Pada Material Nanopartikel Serta Peran Material Nanopartikel dalam Drug Delivery System. (Skripsi)*. Farmasi Fakultas Teknologi dan Ilmu Komputer. Universitas Buana Perjuangan. Karawang.
- Nafi'ah, R., 2016. Kinetika Adsorpsi Pb (II) Dengan Adsorben Arang Aktif dari Sabut Siwalan. *Jurnal Farmasi Sains Dan Praktis*. **1**(2).
- Noor, Y.R., M. Khazali, dan I.N.N Suryadiputra. 2006. *Panduan Pengenalan Mangrove di Indonesia*. Dirjen Perlindungan Hutan dan Konservasi Alam. Bogor.
- Oxtoby, D. W. 2004. *Prinsip-Prinsip Kimia Modern Jilid 1*. Erlangga. Jakarta.
- Pambayun, G. S., Remigius, Y. E. Y., Rachimoellah, M., Endah, M. M. P. 2013. Pembuatan Karbon Aktif dari Arang Tempurung Kelapa dengan Aktivator ZnCl<sub>2</sub> dan Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> sebagai Adsorben untuk Mengurangi Kadar Fenol dalam Air Limbah. *Jurnal Teknik Pomits*. **1**(2).
- Pane, G.C., & Hamzah, F. 2018. Pemanfaatan Kulit Buah Durian pada Pembuatan Arang Aktif dengan Metode Aktivasi Fisika-Kimia Menggunakan Asam Fosfat. *Jurnal JOM Faperta*. **5**: 1-14.

- Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor P.16/MENLHK/SETJEN/KUM.1/4/2019 Tentang Perubahan Kedua Atas Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No 05 Tahun 2014 Tentang Baku Mutu Air Limbah.
- Ponkarthikeyan, P. 2017. A Review Of Activated Carbon by Chemical Activation. *Int. J. Civ Eng.* Page 524.
- Prasetyo, Y. 2011. *Scanning Electron Microscope (SEM) dan Optical Emission Spectroscopy (OES)*.  
<https://yudiprasetyo53.wordpress.com/2011/11/07/scanning-electron-microscope-sem-dan-optical-emission-spectroscopy-oes/> diakses pada 7 Oktober 2020 Pukul 23.04 WIB.
- Puspita, Melfi., Firdaus, M. Lutfi., dan Nurhamidah. 2017. Pemanfaatan Arang Aktif Sabut Kelapa Sawit Sebagai Adsorben Zat Warna Sintesis Reactive Red-120 dan Direct Green-26. *Jurnal Pendidikan dan Ilmu Kimia*. **1**(1): 75-79.
- Putra, Z. 2013. Pembuatan dan Karakterisasi Karbon Aktif Kayu Bakau dengan Aktivasi Fisika sebagai Filter Penjernih Air Sungai Tamiang Melalui Proses Elektrokoagulasi. (*Tesis*). Universitas Muhammadiyah Palembang. Palembang.
- Ramadhona, A. 2018. *Pembuatan dan Karakterisasi Karbon Aktif dari Ampas Tebu sebagai Adsorben Senyawa Polycyclic Aromatic Hydrocarbon (PAH) Fenantrena*. (*Skripsi*). Kimia FMIPA Unila. Bandar Lampung.
- Riyanto. 2014. *Validasi dan Verifikasi*. Deepublish. Yogyakarta.
- Ruthven, D.M. 1984. *Principle of Adsorption & Adsorption Process*. John Wiley & Sons. New York.
- Saepudin, A. 2009. *Uji Kinerja Adsorpsi Histidin-Bentonit dalam Prototipe Kemasan Flow dan Batch terhadap Pestisida Endosulfan dalam Air Minum*. (*Skripsi*). Kimia Jurusan Pendidikan Kimia FPMIPA UPI. Bandung.
- Saragih, S. A. 2008. *Pembuatan dan Karakterisasi Karbon Aktif dari Batubara Riau Sebagai Adsorben*. (*Skripsi*). Universitas Indonesia. Jakarta.
- Sembiring. 2003. *Arang Aktif (Pengenalan dan Proses Pembuatannya)*. Fakultas Teknik, Universitas Sumatera Utara. Sumatera Utara.

- Shofa, 2012. *Pembuatan Karbon Aktif Berbahan Baku Ampas Tebu dengan Aktivasi Kalium Hidroksida. (Skripsi)*. Teknik Kimia, Fakultas Teknik, UI. Jakarta.
- Skoog, D.A., West, D.M. dan Holler, F.J. 1996. *Fundamental of Analytical Chemistry. 7th ed.* Saunders College Publishing. New York.
- Soenardjo, N., Pramesti, R., Rudiana, E. 2003. *Teknik Pembibitan Sistem Apung pada Bibit Bakau Besar (Rhizophora mucronata L.)*. Universitas Diponegoro. Semarang.
- Sontheimer, J.E. 1985. *Activated Carbon for Water Treatment*. Elsevier. Netherlands.
- Stevens, M.P. 2001. *Kimia Polimer Cetakan Pertama*. PT. Pradnya Paramita. Jakarta.
- Sujatno, A., Rohmad. S, Badriana dan Arbi. D. 2015. Studi Scanning Electron Microscopy (SEM) untuk Karakterisasi Proses Oksidasi Paduan Zirkonium. *JFN*. **9**(2): 44-50.
- Suhartati, T. 2013. *Dasar-Dasar Spektrofotometri Uv-Vis dan Spektrometri Massa untuk Penentuan Struktur Senyawa Organik*. AURA. Lampung.
- Suhartati, T. 2017. *Dasar-Dasar Spektrofotometri Uv-Vis dan Spektrofotometri Massa untuk Penentuan Struktur Senyawa Organik*. AURA. Lampung.
- Swapp, S. 2017. *Scanning Electron Microscope (SEM)*. Geochemical Instrumentation and Analysis. University of Wyoming.
- Treybal, Robert E.1981. *Mass Transfer Operations, 3th edition*. Mc Graw Hill Inc. New York.
- Turmuzi, M. & Syaputra, A. (2015). Pengaruh suhu dalam pembuatan karbon aktif dari kulit salak (*Salacca edulis*) dengan impregnasi asam fosfat ( $H_3PO_4$ ). *Jurnal Teknik Kimia USU*. **4**(1): 42-46.
- Udayani, K., Purwaningsih, D.Y., dan Setiawan, R., Yahya, K. 2019. Pembuatan Karbon Aktif Dari Arang Bakau Menggunakan Gabungan Aktivasi Kimia dan Fisika Dengan *Microwave*. *Jurnal IPTEK*. **23** (1). 39-46.

Wibowo, S., Syafii W., Pari G. 2010. Karakteristik arang aktif tempurung biji nyamplung (*Calophyllum inophyllum* Linn). *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*. **28**(1): 43-54.

Yusro, F. 2011. Rendemen Ekstrak Etanol dan Uji Fitokimia Tiga Jenis Tumbuhan Obat Kalimantan Barat. *Jurnal Tengawang*. **1**:29-36.