

**SINTESIS RESIN BIOFUNGSIONAL BERBASIS KAPUK DAN  
ARANG AKTIF UNTUK PURIFIKASI LIMBAH CAIR  
TEKSTIL**

**KARYA ILMIAH**

Merupakan Ujian Keterampilan dan Syarat Kelulusan Sekolah



Disusun Oleh:

1. 29794	Benedict Alden Susilo	XII MIPA 4 / 04
2. 29908	Fernando Anthony	XII MIPA 4 / 13
3. 29940	Hansen Wonokusuma	XII MIPA 4 / 15
4. 29948	Irene Wijono	XII MIPA 4 / 18
5. 30153	Stefani Kusuma	XII MIPA 4 / 32
6. 30165	Theola Kiara Orso	XII MIPA 4 / 33

**SMA KATOLIK ST. LOUIS 1  
SURABAYA  
2025**

**SINTESIS RESIN BIOFUNGSIONAL BERBASIS KAPUK DAN  
ARANG AKTIF UNTUK PURIFIKASI LIMBAH CAIR  
TEKSTIL**

**KARYA ILMIAH**

Merupakan Ujian Keterampilan dan Syarat Kelulusan Sekolah



Disusun Oleh:

1. 29794	Benedict Alden Susilo	XII MIPA 4 / 04
2. 29908	Fernando Anthony	XII MIPA 4 / 13
3. 29940	Hansen Wonokusuma	XII MIPA 4 / 15
4. 29948	Irene Wijono	XII MIPA 4 / 18
5. 30153	Stefani Kusuma	XII MIPA 4 / 32
6. 30165	Theola Kiara Orso	XII MIPA 4 / 33

**SMA KATOLIK ST. LOUIS 1  
SURABAYA  
2025**

## LEMBAR PENGESAHAN LAPORAN KARYA ILMIAH

Judul : Sintesis Resin Biofungsional Berbasis Kapuk dan Arang Aktif untuk Purifikasi Limbah Cair Tekstil

Penyusun : 1. 29794 Benedict Alden Susilo XII MIPA 4 / 04  
2. 29908 Fernando Anthony XII MIPA 4 / 13  
3. 29940 Hansen Wonokusuma XII MIPA 4 / 15  
4. 29948 Irene Wijono XII MIPA 4 / 18  
5. 30153 Stefani Kusuma XII MIPA 4 / 32  
6. 30165 Theola Kiara Orso XII MIPA 4 / 33

Pembimbing I : Dra. Maria Viciati, MM.

Pembimbing II : Y. Hari Suyanto, S.Pd., M.Si.

Tanggal Presentasi : Selasa, 4 Februari 2025

Disetujui oleh,

Pembimbing I

Pembimbing II

Dra. Maria Viciati, MM.

Y. Hari Suyanto, S.Pd., M.Si.

Mengetahui,

Kepala Sekolah

Dra. Sri Wahjoeni Hadi, S.

# **SINTESIS RESIN BIOFUNGSIONAL BERBASIS KAPUK DAN ARANG AKTIF UNTUK PURIFIKASI LIMBAH CAIR TEKSTIL**

## **ABSTRAK**

Susilo, B. A., Anthony, F., Wonokusuma, H., Wijono, I., Kusuma, S., Orso, T. K. (2025). *Sintesis Resin Biofungsional Berbasis Kapuk dan Arang Aktif untuk Purifikasi Limbah Cair Tekstil*. SMA Katolik St. Louis 1 Surabaya.

Pencemaran limbah cair tekstil menjadi salah satu tantangan utama dalam pengelolaan lingkungan, terutama karena kandungan zat warna sintetis dan senyawa berbahaya yang sulit terurai secara alami. Penelitian ini bertujuan untuk memodifikasi dan mengkaji efektivitas resin biofungsional berbasis kapuk (*Ceiba pentandra*) dan arang aktif dalam purifikasi limbah cair tekstil. Kapuk dimodifikasi secara kimiawi menggunakan larutan NaOH dan HCl untuk meningkatkan kapasitas adsorpsi, kemudian dikombinasikan dengan arang aktif guna meningkatkan efektivitas penghilangan polutan. Karakterisasi material dilakukan melalui analisis spektrum UV-Vis, sementara efektivitas adsorpsi dievaluasi berdasarkan kinerja penyerapan biosorben terhadap zat warna tekstil. Hasil penelitian menunjukkan bahwa serat kapuk yang diaktivasi dengan NaOH memiliki efektivitas adsorpsi terbaik, mencapai 19,05%. Meskipun demikian, kombinasi kapuk dan arang aktif menunjukkan tantangan dalam kestabilan filtrasi akibat dispersi partikel arang dalam larutan. Kesimpulannya, resin berbasis kapuk memiliki potensi sebagai biosorben ramah lingkungan dalam remediasi limbah tekstil, meskipun diperlukan optimasi lebih lanjut pada variabel proses seperti ukuran partikel arang dan durasi adsorpsi.

Kata kunci: kapuk, arang aktif, adsorpsi, limbah cair tekstil

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur dipanjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas berkat dan rahmat penyertaan-Nya sehingga laporan karya ilmiah yang berjudul “Sintesis Resin Biofungsional Berbasis Kapuk dan Arang Aktif untuk Purifikasi Limbah Cair Tekstil” dapat disusun dan diselesaikan dengan tepat waktu. Karya ilmiah ini bertujuan untuk memenuhi tugas ujian praktek karya ilmiah dalam berbagai mata pelajaran.

Ujian praktek karya ilmiah adalah kegiatan tahunan yang diadakan oleh SMA Katolik St. Louis 1 Surabaya. Kegiatan ini dilakukan agar para siswa dapat melakukan penelitian mengenai ilmu pengetahuan alam di kehidupan sehari-hari. Ujian praktek karya ilmiah dilakukan dengan melibatkan para siswa dan guru SMA Katolik St. Louis 1 Surabaya.

Penulis menyadari keterbatasan kemampuan dalam penyusunan naskah laporan ini. Dalam penyusunan laporan karya ilmiah ini penulis mendapatkan bimbingan, bantuan, dukungan, dan masukan dari beberapa pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Dra. Sri Wahjoeni Hadi, S., selaku kepala SMAK St. Louis 1 Surabaya
2. Dahlia Adiati, S.Pd., selaku wakil kepala bidang kurikulum SMAK St. Louis 1 Surabaya;
3. Linda Juliarti, S.Pd., M.Si., selaku ketua pelaksana ujian praktek karya ilmiah jurusan MIPA;
4. Y. Hari Suyanto, S.Pd., M.Si., selaku wali kelas XII MIPA 4 dan guru bidang studi Matematika;
5. Dra. Maria Viciati, MM., selaku guru bidang studi Kimia yang telah membantu kami dalam menyusun naskah laporan ujian praktek karya ilmiah;
6. Irminda Indiyarti, S.Pd., selaku guru bidang studi Fisika;
7. Maria Anita Kurniyasih, S.Si., selaku guru bidang studi Biologi;

8. Fakultas Teknobiologi UBAYA yang menyediakan akses laboratorium dan peralatan untuk digunakan dalam penelitian/pengambilan data untuk penyusunan karya ilmiah ini;
9. Orang tua peserta didik XII MIPA 4, atas dukungan yang diberikan kepada penulis;
10. Peserta didik XII MIPA 4, atas kerjasamanya dalam membuat laporan ini.

Penulis menyadari bahwa penulisan laporan ini tidak luput dari kesalahan dan kekurangan. Oleh karena itu, penulis menerima segala kritik dan saran yang membangun dari para pembaca. Akhir kata, kami mengharapkan laporan karya ilmiah ini dapat bermanfaat.

Surabaya, 15 Januari 2025

Theola Kiara Orso

Ketua Kelompok

## DAFTAR ISI

<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>v</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR TABEL.....</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR SIMBOL.....</b>	<b>x</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN.....</b>	<b>xi</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
A. Latar Belakang.....	1
B. Rumusan Masalah.....	3
C. Tujuan Penulisan.....	4
D. Manfaat Penulisan.....	4
<b>BAB II KAJIAN PUSTAKA.....</b>	<b>6</b>
A. Limbah Cair Tekstil.....	6
B. Teknologi Pengolahan Limbah Cair Tekstil.....	7
C. Resin dan Fungsinya dalam Pengolahan Limbah.....	9
D. Kapuk dan Arang Aktif.....	11
E. Sintesis dan Modifikasi Kapuk.....	12
F. Pemanfaatan Kembali Air Hasil Pengolahan Limbah Cair.....	13
G. Tinjauan Ekonomi dan Keberlanjutan.....	15
H. Analisa Kadar Pewarna Tekstil.....	17
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....</b>	<b>20</b>
A. Tempat dan Waktu Penelitian.....	20
B. Alat dan Bahan Penelitian.....	20
C. Tahapan Penelitian.....	21
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>26</b>
A. Modifikasi Serat Kapuk.....	26

B. Penentuan Panjang Gelombang Maksimum.....	27
C. Pembuatan Kurva Standar Larutan Pewarna Tekstil.....	29
D. Pengujian Kinerja Biosorben.....	32
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>36</b>
A. Kesimpulan.....	36
B. Saran.....	36
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>38</b>
Lampiran 1. Form Konsultasi Pembuatan Karya Tulis.....	41
Lampiran 2. Gambar Alat, Bahan, dan Proses.....	42

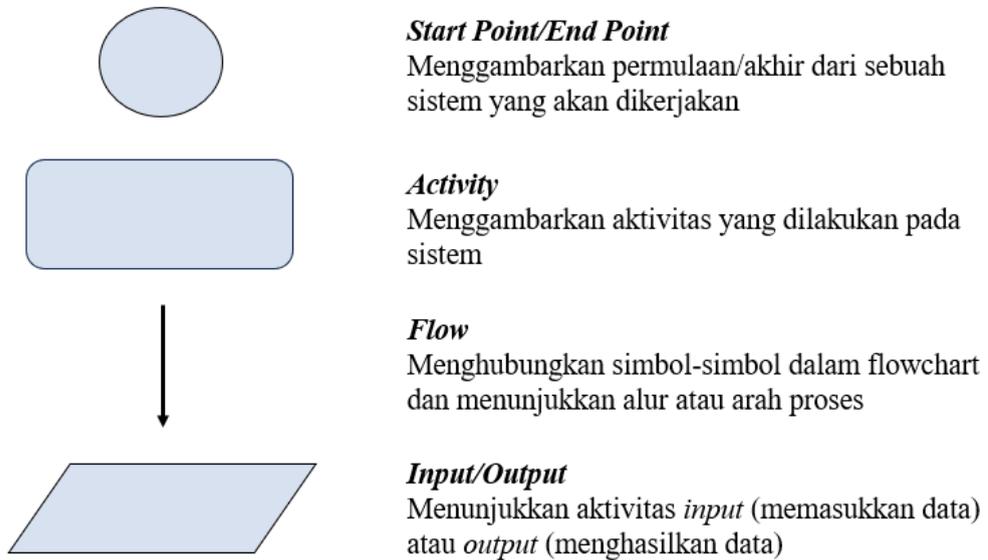
## DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1	<i>Flowchart</i> .....	25
Gambar 4.1	Proses Perendaman Kapuk Menggunakan HCL dan NaOH.....	26
Gambar 4.2	Tampilan Layar <i>Scanning</i> Gelombang Maksimal dari Zat Warna Tekstil Wanteks.....	29
Gambar 4.3	Warna Larutan Standar untuk Pembuatan Kurva Standar Pewarna Tekstil Wanteks Biru.....	29
Gambar 4.4	Grafik dan Persamaan Regresi Linier Kurva Standar.....	30
Gambar 4.5	Hasil Akhir Larutan Limbah Setelah Perlakuan (2 s/d 6) dan Larutan Limbah Awal (1) serta Larutan Blanko (Air).....	32
Gambar 4.6	Grafik Efektivitas Penyerapan Zat Warna Tekstil oleh Biosorben.....	33

## **DAFTAR TABEL**

Tabel 4.1	Nilai Absorbansi Larutan Standar.....	30
Tabel 4.2	Data Kinerja Biosorben.....	32

## DAFTAR SIMBOL



## **DAFTAR LAMPIRAN**

Lampiran 1	Form Konsultasi Pembuatan Karya Tulis.....	41
Lampiran 2	Gambar Alat, Bahan, dan Proses.....	42

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **A. Latar Belakang**

Kualitas air di Indonesia menghadapi tekanan serius akibat aktivitas manusia, di mana limbah cair dari berbagai industri menjadi salah satu penyebab utama pencemaran air, dengan efek merugikan yang mencakup kerusakan ekosistem perairan, ancaman terhadap kesehatan masyarakat luas, serta degradasi kualitas air tanah. Laporan Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) menyatakan bahwa 75% perairan di Indonesia telah tercemar oleh limbah domestik dan industri, dengan wilayah-wilayah padat industri seperti Jawa Barat, Jawa Tengah, dan Jawa Timur berada dalam kondisi yang paling mengkhawatirkan. Akibatnya, Indonesia mengalami kondisi darurat pencemaran air, yang secara langsung menghambat tercapainya target *Sustainable Development Goals* (SDGs), terutama poin ke-6 mengenai air bersih dan sanitasi dan poin ke-12 mengenai konsumsi dan produksi yang bertanggung jawab.

Di antara berbagai jenis limbah cair industri, limbah dari sektor tekstil menjadi salah satu perhatian khusus. Industri tekstil adalah salah satu sektor manufaktur terbesar di Indonesia, menyumbang hingga 13% dari total ekspor nasional pada 2023. Akan tetapi, limbah cair hasil proses produksi mengandung berbagai senyawa berbahaya, contohnya pewarna azo, logam berat, dan bahan organik kompleks yang sulit terurai secara alami. Metode

pengolahan limbah konvensional, seperti koagulasi, flokulasi, dan sedimentasi, sering kali hanya mampu mengurangi sebagian kecil polutan, meninggalkan residu berbahaya yang tetap mencemari lingkungan. Masalah ini mencerminkan kurangnya solusi teknologi yang efektif, ekonomis, dan ramah lingkungan dalam pengelolaan limbah cair di Indonesia.

Penelitian ini krusial dalam memberikan kontribusi baru yang relevan dalam pengolahan limbah cair tekstil dengan menggunakan bahan-bahan lokal dan ramah lingkungan. Salah satu bahan yang diusulkan dalam penelitian ini adalah kapuk (*Ceiba pentandra*), yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan dasar pembuatan resin biofungsional. Kapuk memiliki struktur mikropori alami dan sifat kimia yang memungkinkannya untuk dimodifikasi menjadi sarana adsorben yang efektif. Untuk meningkatkan efektivitas daya serapnya terhadap polutan tekstil, kapuk akan dikombinasikan dengan arang aktif dalam sintesis resin biofungsional, di mana sifat arang tersebut dapat meningkatkan daya adsorpsi kapuk dengan baik.

Walaupun penelitian mengenai penggunaan biomaterial untuk remediasi limbah telah banyak dilakukan, belum ada studi yang memanfaatkan kapuk sebagai bahan dasar resin yang dikombinasikan dengan arang aktif untuk mengolah limbah cair tekstil menjadi air bersih. Sebagian besar penelitian sebelumnya fokus pada penggunaan bahan sintetis atau biomaterial lain, contohnya arang aktif tunggal, zeolit, atau komposit berbasis plastik.

Dengan mempertimbangkan urgensi permasalahan dan potensi solusi yang ada, penelitian ini bertujuan untuk menyintesis resin biofungsional berbasis kapuk dan arang aktif sebagai alternatif dalam remediasi limbah cair tekstil. Penelitian ini tidak hanya berfokus pada efektivitas penghilangan polutan, tetapi juga pada pengujian kualitas air hasil pengolahan untuk memastikan dapat digunakan kembali sesuai standar baku mutu. Langkah ini sejalan dengan prinsip ekonomi sirkular dan SDGs.

## **B. Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang di atas, dapat dirumuskan rumusan masalah sebagai berikut.

1. Bagaimana serat kapuk dapat dioptimalkan untuk sintesis resin biofungsional?
2. Bagaimana efektivitas resin berbasis kapuk dan arang aktif dalam mengabsorpsi polutan berbahaya dari limbah cair tekstil?
3. Bagaimana kualitas air hasil pengolahan limbah cair tekstil menggunakan resin berbasis kapuk dan arang aktif serta apakah air tersebut memenuhi standar untuk dimanfaatkan kembali?

### **C. Tujuan Penulisan**

Dari rumusan masalah di atas dapat diperoleh tujuan sebagai berikut.

1. Mengetahui proses yang modifikasi serat kapuk yang optimal untuk sintesis resin biofungsional.
2. Menilai efektivitas resin berbasis kapuk dan arang aktif dalam mengabsorpsi polutan berbahaya dari limbah cair tekstil.
3. Menilai kualitas air hasil pengolahan limbah cair tekstil menggunakan resin berbasis kapuk dan arang aktif serta apakah air tersebut memenuhi standar untuk dimanfaatkan kembali.

### **D. Manfaat Penulisan**

Untuk penulis, berdasarkan tujuan di atas dapat diperoleh beberapa manfaat, yaitu:

1. Menambah wawasan dan pengetahuan mengenai pengaplikasian resin biofungsional berbasis kapuk dalam pengolahan limbah cair tekstil.
2. Memperdalam pemahaman tentang potensi kapuk dan arang aktif sebagai biomaterial yang dapat dimodifikasi untuk tujuan remediasi lingkungan.
3. Mengembangkan keterampilan dalam menyusun penelitian ilmiah berbasis eksperimen serta memberikan kontribusi pada pengembangan teknologi ramah lingkungan di Indonesia.

Untuk pembaca, berdasarkan tujuan di atas dapat diperoleh beberapa manfaat, yaitu:

1. Memberikan wawasan tentang solusi inovatif dalam pengelolaan limbah cair, khususnya limbah dari industri tekstil.
2. Menjadi referensi yang berguna dalam mempelajari potensi biomaterial lokal, seperti kapuk, dalam aplikasi pengolahan limbah dan remediasi lingkungan.
3. Menyediakan informasi tentang teknologi pengolahan limbah yang ramah lingkungan dan berkelanjutan, yang dapat digunakan sebagai dasar untuk penelitian lebih lanjut atau pengembangan industri yang lebih hijau.

## **BAB II**

### **KAJIAN PUSTAKA**

#### **A. Limbah Cair Tekstil**

##### **1. Karakteristik Limbah Cair Tekstil**

Limbah cair tekstil merupakan salah satu limbah industri dengan tingkat pencemaran yang tinggi. Karakteristik utamanya adalah kandungan zat warna sintetis, bahan organik terlarut (*dissolved organic matter*), logam berat, dan berbagai senyawa kimia beracun lainnya. Zat warna dominan, contohnya azo, memiliki struktur aromatik kompleks yang sulit terurai secara alami (Katheresan et al., 2018). Limbah ini juga sering mengandung pH ekstrem, baik asam maupun basa, tergantung pada proses pencelupan, serta tingginya konsentrasi *chemical oxygen demand* (COD) dan *total dissolved solids* (TDS), yang menyebabkan pencemaran air secara signifikan (Chowdhury et al., 2022).

##### **2. Dampak Lingkungan dari Limbah Cair Tekstil**

Pelepasan limbah cair tekstil ke perairan tanpa pengolahan yang benar berpotensi merusak ekosistem, di mana zat warna sintetis dapat menghambat penetrasi cahaya matahari ke dalam air dan mengganggu proses fotosintesis organisme akuatik. Tidak hanya itu, senyawa kimia beracun dalam limbah, misalnya logam berat, bersifat bioakumulatif dan dapat masuk ke rantai makanan, yang dapat membahayakan kesehatan manusia (Hassan et al., 2020). Keberadaan COD dan *biochemical oxygen*

*demand* (BOD) yang tinggi juga memicu eutrofikasi, merusak keseimbangan oksigen di perairan.

### **3. Tantangan dalam Pengolahan Limbah Cair Tekstil**

Sifat limbah cair dari proses pengolahan produk tekstil cukup kompleks, membuatnya menghadapi berbagai tantangan teknis dan ekonomis. Salah satu contohnya adalah zat warna azo yang resisten terhadap biodegradasi konvensional, sehingga membutuhkan proses oksidasi yang lebih kuat. Di sisi lain, tingginya volume limbah yang dihasilkan industri tekstil menuntut metode pengolahan yang lebih efisien secara energi dan biaya. Pengembangan teknologi yang mampu mengatasi tantangan ini, seperti adsorpsi menggunakan bahan biofungsional, menjadi salah satu fokus penelitian saat ini (Pereira et al., 2021).

## **B. Teknologi Pengolahan Limbah Cair Tekstil**

### **1. Teknik Konvensional**

Teknik konvensional dalam pengolahan limbah cair tekstil melibatkan berbagai metode fisik, kimia, dan biologi, misalnya koagulasi-flokulasi, adsorpsi, dan oksidasi. Koagulasi-flokulasi menggunakan bahan kimia seperti aluminium sulfat atau ferik klorida untuk mengendapkan partikel tersuspensi dan terlarut. Teknik ini cukup efektif dalam mengurangi kekeruhan dan beberapa jenis polutan, namun kurang mampu untuk menghilangkan zat warna terlarut. Adsorpsi merupakan metode yang sangat efektif dalam menghilangkan senyawa

organik dan zat warna dari limbah cair. Prosesnya, di mana interaksi antara molekul limbah dan permukaan adsorben terjadi, sering kali melibatkan karbon aktif. Sementara itu, metode oksidasi menggunakan bahan seperti ozon atau hidrogen peroksida untuk menguraikan senyawa organik kompleks menjadi senyawa yang lebih mudah terurai. Proses tersebut banyak digunakan untuk senyawa resisten seperti zat warna azo, tetapi biaya energi yang dikeluarkan cukup tinggi (Ahmad et al., 2021; Hassan et al., 2020).

## **2. Keterbatasan Teknologi Konvensional**

Walaupun telah banyak dimanfaatkan, teknologi konvensional memiliki keterbatasan signifikan yang menurunkan efektivitasnya dalam pengolahan limbah tekstil. Salah satu kelemahannya adalah efektivitas yang rendah dalam mengolah senyawa organik kompleks, contohnya zat warna azo, yang resisten terhadap metode biodegradasi tradisional. Tidak hanya itu, proses koagulasi sering menghasilkan lumpur dalam jumlah besar sebagai limbah sekunder, yang memerlukan pengolahan lebih lanjut. Hal ini meningkatkan beban operasional dan mengurangi keberlanjutan teknologi. Proses oksidasi juga memiliki kendala berupa konsumsi energi yang tinggi dan biaya operasional yang besar, membuatnya kurang ekonomis untuk diterapkan pada skala industri yang luas (Chowdhury et al., 2022; Pereira et al., 2021).

### **3. Perkembangan Teknologi Pengolahan Lanjutan**

Berbagai inovasi telah dikembangkan untuk mengatasi keterbatasan teknologi konvensional. Beberapa di antaranya adalah filtrasi membran, pengolahan biologi lanjutan, dan material biofungsional. Teknologi membran, termasuk nanofiltrasi dan osmosis balik, mampu menghilangkan kontaminan secara efisien. Akan tetapi, tantangan seperti *fouling* (penyumbatan membran) dapat menurunkan efektivitas tersebut. Dalam pengolahan biologi lanjutan, mikroorganisme yang direkayasa genetik atau enzim spesifik bisa digunakan untuk mendegradasi senyawa beracun dengan baik, meskipun teknologi ini masih diteliti lebih lanjut. Resin, yang memadukan sifat alami biomassa dengan modifikasi kimia untuk meningkatkan efektivitas adsorpsi, termasuk materi biofungsional yang telah menunjukkan potensi besar dalam pengolahan zat warna kompleks dan polutan organik (Samaei et al., 2021; Gupta et al., 2020).

## **C. Resin dan Fungsinya dalam Pengolahan Limbah**

### **1. Definisi dan Karakteristik Resin**

Resin merupakan material polimer yang mampu berinteraksi dengan ion, molekul organik, atau senyawa terlarut lainnya melalui mekanisme pertukaran ion atau adsorpsi. Dalam aplikasi pengolahan limbah, resin yang sering digunakan termasuk resin penukar ion, resin adsorpsi, dan resin biofungsional. Resin penukar ion bekerja dengan menggantikan ion kontaminan, misalnya logam berat, dengan ion yang

lebih aman, seperti  $\text{Na}^+$  atau  $\text{H}^+$ . Beberapa karakteristik krusial dari resin adalah kapasitas pertukaran ion yang tinggi, stabilitas kimia dan termal yang baik, serta efektivitas regenerasi yang memungkinkan pemanfaatan secara berulang. Material resin modern biasanya dirancang melalui modifikasi kimia tertentu untuk meningkatkan kemampuannya dalam menyerap kontaminan spesifik (Gupta et al., 2020; Li et al., 2022).

## **2. Studi Kasus Penggunaan Resin untuk Pengolahan Air**

Resin banyak dimanfaatkan dalam pengolahan limbah cair untuk menghasilkan produk akhir yang bermutu. Sebagai contoh, resin berbasis fenolik telah digunakan untuk mengadsorpsi zat warna reaktif dari limbah tekstil dengan efektivitas mencapai 95% pada kondisi khusus. Selain itu, resin berbasis polimer terfungsionalisasi amina berselektivitas tinggi terhadap ion logam berat, misalnya  $\text{Pb}^{2+}$  dan  $\text{Cd}^{2+}$ , yang membuatnya efektif sebagai sarana pengolahan limbah industri. Penelitian pada resin biofungsional berbasis biomassa menunjukkan potensi besar dalam peningkatan efektivitas adsorpsi terhadap berbagai senyawa kompleks. Penggabungan sifat alami biomassa dengan teknologi sintesis akan menghasilkan bahan yang lebih ramah lingkungan untuk digunakan dalam pengolahan limbah cair (Ahmad et al., 2021; Pereira et al., 2021).

#### **D. Kapuk dan Arang Aktif**

Kapuk (*Ceiba pentandra*) merupakan serat alami yang bersifat unik, seperti keringanan, hidrofilisitas rendah, dan kandungan selulosa tinggi. Kandungan selulosa yang mencapai lebih dari 60% memungkinkan kapuk untuk dimodifikasi menjadi material biofungsional. Tidak hanya itu, struktur seratnya yang berongga memungkinkan daya serap yang baik terhadap berbagai jenis polutan, terutama setelah dimodifikasi secara kimiawi (Saravanan et al., 2021). Dalam pengolahan limbah cair tekstil, serat kapuk yang diaktivasi atau difungsionalisasi dengan gugus aktif tertentu dapat digunakan sebagai adsorben yang ramah lingkungan dan berbiaya rendah.

Sementara itu, arang aktif merupakan material karbon berpori yang didapatkan dari proses karbonisasi biomassa, misalnya kayu, sekam padi, atau serat kapuk. Arang aktif memiliki luas permukaan yang tinggi dan kemampuan adsorpsi yang sangat baik terhadap senyawa organik dan anorganik. Dalam aplikasi pengolahan limbah cair tekstil, arang aktif dapat menyerap berbagai jenis zat warna, senyawa organik, dan logam berat. Kombinasi kapuk dan arang aktif dalam bentuk resin dapat meningkatkan efektivitas pengolahan limbah dengan menggabungkan sifat adsorpsi fisik arang aktif dan kemampuan selektivitas kimia dari kapuk yang sudah dimodifikasi (Ahmad et al., 2021).

## **E. Sintesis dan Modifikasi Kapuk**

### **1. Teknik Sintesis Resin Biofungsional**

Sintesis resin biofungsional berbasis kapuk dimulai dengan proses aktivasi serat untuk meningkatkan area permukaan dan menciptakan situs aktif untuk reaksi kimia. Aktivasi dilakukan menggunakan agen kimia, misalnya asam atau basa kuat, yang mampu membuka struktur polimer selulosa di dalam serat. Setelah proses aktivasi, kapuk dikombinasikan dengan bahan pelengkap, seperti arang aktif atau polimer sintesis, melalui proses polimerisasi untuk menghasilkan material komposit. Teknik ini meningkatkan daya serap dan stabilitas termal resin (Pereira et al., 2021).

### **2. Modifikasi Kimia untuk Meningkatkan Kinerja Adsorpsi dan Selektivitas**

Modifikasi kimia bertujuan untuk meningkatkan kemampuan kapuk dalam mengadsorpsi senyawa spesifik, seperti zat warna tekstil atau logam berat. Proses ini melibatkan agen pengaktivasi seperti asam atau basa tertentu, misalnya NaOH dan HCl (Pratama, 2021). Pratama melaporkan bahwa larutan aktivasi yang optimum menggunakan NaOH dengan lama perendaman 24 jam menunjukkan efektivitas adsorpsi sebesar 88% dan mengalami penurunan konsentrasi nikel dari 41.725 menjadi 5.195 ppm. Proses modifikasi juga bisa melibatkan penambahan gugus fungsi aktif, contohnya amina, karboksil, atau sulfonat, pada struktur selulosa melalui reaksi esterifikasi atau aminasi. Gugus amina dapat meningkatkan afinitas terhadap senyawa bermuatan negatif, seperti zat

warna reaktif, sementara gugus karboksil efektif dalam mengadsorpsi logam berat melalui mekanisme koordinasi ionik. Modifikasi ini juga meningkatkan selektivitas resin terhadap polutan tertentu, menyebabkan pengolahan limbah cair tekstil lebih efisien (Gupta et al., 2020).

### **3. Parameter yang Memengaruhi Efektivitas Sintesis**

Efektivitas sintesis resin biofungsional dipengaruhi oleh beberapa parameter, misalnya konsentrasi agen aktivasi, suhu dan waktu reaksi, serta proporsi kapuk dan bahan tambahan. Konsentrasi agen aktivasi yang terlalu tinggi berpotensi merusak struktur serat kapuk, dan suhu yang terlalu rendah bisa menyebabkan pembentukan situs aktif yang tidak optimal. Waktu reaksi juga harus dikontrol untuk memastikan polimerisasi berlangsung dengan baik tanpa menyebabkan degradasi material. Selain itu, proporsi kapuk terhadap bahan tambahan, seperti arang aktif, harus disesuaikan untuk mencapai keseimbangan antara kemampuan adsorpsi dan sifat mekanis resin (Saravanan et al., 2021).

## **F. Pemanfaatan Kembali Air Hasil Pengolahan Limbah Cair**

### **1. Standar Kualitas Air Hasil Pengolahan**

Air hasil pengolahan limbah cair tekstil harus memenuhi standar kualitas tertentu sebelum dapat digunakan kembali. Standar ini pada umumnya mencakup parameter fisik, kimia, dan biologis, seperti kekeruhan, pH, kandungan senyawa organik terlarut, serta keberadaan

logam berat dan zat warna. Organisasi Kesehatan Dunia (WHO) menyatakan bahwa air daur ulang yang aman untuk keperluan industri harus memiliki kandungan total padatan terlarut (TDS) di bawah 1000 mg/L, sementara nilai *Chemical Oxygen Demand* (COD) dan *Biochemical Oxygen Demand* (BOD) harus serendah mungkin untuk memastikan kualitas air yang baik (Verma et al., 2022). Penerapan standar ini krusial dalam memastikan bahwa air hasil pengolahan tidak berdampak buruk pada lingkungan.

## **2. Potensi Pemanfaatan Air Daur Ulang di Industri Tekstil**

Pemanfaatan kembali air daur ulang di industri tekstil dapat mengurangi konsumsi air bersih dan beban pengolahan limbah. Air daur ulang dapat digunakan kembali dalam berbagai proses produksi, seperti pencucian kain, pewarnaan, dan finishing. Studi telah membuktikan bahwa hingga 70% air yang digunakan dalam tahap pencucian dan pewarnaan dapat didaur ulang melalui teknologi pengolahan lanjutan, seperti membran filtrasi atau material biofungsional. Air daur ulang yang telah memenuhi standar kualitas tertentu juga bisa digunakan untuk keperluan non-proses, contohnya sistem pendingin atau kebersihan fasilitas (Chowdhury et al., 2022).

## **3. Tantangan dan Prospek Penggunaan Air Hasil Remediasi**

Meskipun berpotensi besar, pemanfaatan kembali air di industri tekstil menghadapi beberapa tantangan. Salah satunya adalah modal awal yang relatif tinggi untuk teknologi pengolahan lanjutan, seperti sistem

membran atau material resin biofungsional. Persepsi negatif terhadap penggunaan kembali air, baik oleh konsumen maupun pekerja, juga berpotensi menjadi penghambat. Namun, dengan meningkatnya kesadaran akan keberlanjutan teknologi yang lebih efisien, penggunaan air hasil remediasi diperkirakan akan semakin umum. Dalam jangka panjang, langkah ini tidak hanya mengurangi dampak lingkungan tetapi juga memberikan manfaat ekonomi bagi industri melalui penghematan biaya air bersih (Samaei et al., 2021).

## **G. Tinjauan Ekonomi dan Keberlanjutan**

### **1. Analisis Biaya Produksi Resin Biofungsional**

Produksi resin biofungsional berbasis kapuk dan arang aktif memerlukan biaya yang relatif rendah jika dibandingkan dengan material sintetis lainnya. Hal ini dikarenakan bahan dasarnya berupa biomassa yang melimpah dan murah, di mana biaya utama dalam produksi resin meliputi aktivasi kimia, proses polimerisasi, dan modifikasi permukaan. Dengan optimasi proses sintesis, biaya ini dapat ditekan hingga 30% lebih rendah dibandingkan material berbasis karbon aktif murni. Analisis lebih lanjut juga menunjukkan bahwa serat kapuk dan arang yang digunakan dapat membuat resin ini lebih tahan lama, sehingga akan cenderung lebih hemat biaya (Pereira et al., 2021).

## **2. Dampak Ekonomi dari Pemanfaatan Kembali Air Limbah**

Penggunaan kembali air hasil pengolahan limbah cair tekstil berpotensi mengurangi biaya operasional industri secara signifikan, di mana studi ekonomi telah menunjukkan bahwa pengurangan konsumsi air bersih hingga 50% dapat menghemat hingga 20% dari total biaya produksi di sektor tekstil. Pendekatan ini juga akan mengurangi beban biaya pengolahan limbah cair, karena air yang didaur ulang mengurangi volume limbah yang harus diolah. Pada tingkat makro, penerapan teknologi daur ulang air secara meluas dapat mengurangi tekanan pada sumber daya air bersih dan bermanfaat bagi perkembangan ekonomi negara (Chowdhury et al., 2022).

## **3. Aspek Keberlanjutan dan Pengurangan Dampak Lingkungan**

Produksi resin biofungsional dari biomassa alami, seperti kapuk, mendukung prinsip keberlanjutan karena menggunakan sumber daya yang dapat diperbarui dan menghasilkan limbah minimal. Tidak hanya itu, pengurangan penggunaan bahan kimia berbahaya dalam proses pengolahan limbah cair tekstil akan membantu menurunkan dampak lingkungan secara keseluruhan. Penerapan teknologi pengolahan yang ramah lingkungan ini juga dapat meningkatkan citra keberlanjutan industri tekstil dan memberikan nilai tambah bagi perusahaan yang menerapkannya (Saravanan et al., 2021).

## H. Analisa Kadar Pewarna Tekstil

### 1. Zat Warna Tekstil

Zat warna tekstil merupakan senyawa kimia yang digunakan untuk memberikan warna pada kain melalui proses pencelupan atau pelapisan. Zat warna ini dapat dikelompokkan menjadi beberapa jenis, beberapa di antaranya adalah zat warna reaktif, azo, dispersi, dan sulfur. Dalam limbah cair tekstil, zat warna reaktif dan azo biasanya menjadi perhatian utama karena sifatnya yang sulit terurai secara biologis dan potensi toksisitasnya terhadap lingkungan. Contohnya, zat warna jenis azo mengandung gugus azo ( $-N=N-$ ) yang dapat terdegradasi menjadi amina aromatik beracun dalam kondisi tertentu. Selain itu, keberadaan zat warna dalam limbah dapat mengurangi penetrasi cahaya ke badan air, sehingga mengganggu fotosintesis organisme akuatik. Oleh sebab itulah analisa kadar zat warna dalam limbah tekstil penting dalam penentuan efektivitas teknologi pengolahan limbah (Verma et al., 2022).

### 2. Reactive Blue 19

Salah satu senyawa yang digunakan dalam pewarna tekstil biru adalah *Reactive Blue 19* dengan nama IUPAC *4-[(E)-(4-Amino-9,10-dioxoanthracen-1-yl)diazenyl]benzenesulfonic acid, 2-(3-sulfonatophenyl)ethylsulfonyl]ethyl ester* yang merupakan pewarna reaktif yang sering digunakan dalam industri tekstil untuk mewarnai kain berbasis serat selulosa seperti katun. Pewarna ini dikenal karena ketahanan warna yang baik terhadap pencucian dan pencahayaan.

Pewarna *Reactive Blue 19* memiliki inti *anthraquinone* sebagai kromofor utama (memberikan warna biru yang intens), gugus azo (-N=N-) yang berperan dalam penyerapan cahaya, dan gugus sulfonat (-SO<sub>3</sub><sup>-</sup>) untuk meningkatkan kelarutan dalam air. Selain itu, ada juga gugus eter dan sulfonil yang bertanggung jawab atas reaktivitas dengan serat tekstil. Komponen-komponen tersebut mendukung penggunaannya sebagai bahan pewarna produk-produk industri, seperti kain katun, rayon, dan kain berbasis selulosa lainnya.

### **3. Metode Spektroskopi UV-Vis**

Spektroskopi UV-Vis adalah salah satu analisis paling umum digunakan untuk penentuan kadar zat warna dalam limbah cair tekstil. Analisis dengan spektroskopi UV-Vis didasarkan pada prinsip penyerapan cahaya yang dilakukan oleh molekul pada panjang gelombang tertentu dan berkorelasi dengan konsentrasi dari zat warna dalam sampel. Setiap jenis zat warna memiliki puncak penyerapan khas pada spektrum UV-Vis, misalnya zat warna reaktif memiliki puncak pada panjang gelombang sekitar 400-600 nm. Dengan metode ini, pendeteksian zat warna dalam konsentrasi rendah dapat dilakukan dengan peka dan cepat. Analisis dengan spektroskopi UV-Vis juga dapat diintegrasikan dengan metode pendukung, seperti penghitungan koefisien absorbansi spesifik, yang lebih akurat memberikan gambaran mengenai tingkat pencemaran limbah cair tekstil. Namun, keberadaan senyawa lain dalam limbah dapat mengganggu

hasil analisis, sehingga proses persiapan sampel, seperti filtrasi atau ekstraksi, menjadi langkah penting untuk meningkatkan akurasi (Chowdhury et al., 2022; Gupta et al., 2020).

## **BAB III**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

#### **A. Tempat dan Waktu Penelitian**

Penelitian ini akan dilaksanakan pada bulan Januari 2025 hingga Februari 2025, bertempat di Laboratorium Fakultas Teknobiologi Universitas Surabaya, Jl. Raya Kalirungkut, Kali Rungkut, Kec. Rungkut, Surabaya, Jawa Timur.

#### **B. Alat dan Bahan Penelitian**

1. Alat-alat yang kami gunakan adalah sebagai berikut.
  - a. Becker Glass 250 ml
  - a. Erlenmeyer 250ml 3 buah
  - a. Gelas Ukur 20 ml 1 buah
  - b. Gelas Ukur 100 ml 1 buah
  - c. Pengaduk Kaca 3 buah
  - a. Pipet Pasteur 3 buah
  - a. Corong kecil 3 buah
  - a. Oven
  - a. Kuvet Visible 16 buah
  - a. Spektrofotometer UV-Vis

2. Bahan-bahan yang kami gunakan adalah sebagai berikut.
  - a. Limbah Cair Tekstil (Limbah dari proses pewarnaan kain skala rumah tangga di daerah Tenggilis Mejoyo, Surabaya)
  - b. Kapuk 5 g
  - c. Arang Aktif 2,5 g
  - d. NaOH 0,5N 200 ml
  - e. HCl 0,5N 200 ml
  - f. *Aqua destilata* 500 ml
  - g. Kertas saring

### **C. Tahapan Penelitian**

#### **1. Hipotesis**

Hipotesis dari penelitian ini adalah resin berbasis kapuk dan arang aktif lebih efektif dalam mengadsorpsi polutan dalam limbah cair tekstil.

#### **2. Teknik Analisis Data**

Teknik analisis data yang digunakan adalah teknik gabungan dari analisis secara kualitatif dan analisis secara kuantitatif. Menurut Sugiyono (2018) data kuantitatif merupakan metode penelitian yang berlandaskan data konkrit, data penelitian berupa angka-angka yang akan diukur menggunakan statistik sebagai alat uji perhitungan, berkaitan dengan masalah yang diteliti untuk menghasilkan suatu kesimpulan. Sedangkan analisis kualitatif adalah prosedur penelitian yang menghasilkan data

deskriptif berupa kata-kata tertulis maupun lisan dari orang-orang dan perilaku yang diamati.

### **3. Variabel Penelitian**

#### a. Variabel Kontrol

1. Volume limbah cair
2. Jenis limbah cair
3. Waktu adsorpsi
4. Metode analisis parameter limbah

#### b. Variabel Bebas

Komposisi resin biofungsional

#### c. Variabel Terikat

1. Efektivitas penyerapan zat warna
2. Hasil purifikasi limbah cair tekstil

### **4. Prosedur Penelitian**

Langkah-langkah penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut.

#### a. Modifikasi Serat Kapuk

Modifikasi serat kapuk dimulai dengan mencuci serat kapuk dan dikeringkan selama 24 jam hingga kering. Kemudian serat kapuk diaktivasi secara kimia dengan merendamnya masing-masing dalam larutan NaOH dan HCl konsentrasi 0,5 N dengan perbandingan massa dan volume sebanyak 1 gram serat kapuk direndam dalam 35 ml larutan aktivasi, lalu didiamkan selama 24 jam. Setelah itu serat kapuk

dibilas dengan aquades lalu dikeringkan kembali hingga kering sebelum digunakan pada proses adsorpsi (Pratama, 2021).

b. Pengujian Kinerja Biosorben Arang Aktif

Pengujian dilakukan dengan mencampurkan larutan limbah tekstil yang mengandung zat warna sebanyak 50 ml dengan 5 gram arang aktif sambil diaduk selama 30 menit (0,5 jam). Larutan sampel sebelum dan sesudah diadsorpsi dilakukan analisis untuk mengetahui konsentrasi kadar zat warna dengan metode spektrofotometer *UV-Visible*. Efektivitas Penyerapan Zat Warna oleh Arang Aktif dihitung sebagai berikut.

$$\text{Efektivitas (\%)} = (C_0 - C_1)/C_0 \times 100\%$$

Keterangan:

$C_0$  = Konsentrasi zat warna dalam sampel awal sebelum proses adsorpsi

$C_1$  = Konsentrasi zat warna dalam sampel setelah proses adsorpsi dengan arang aktif

c. Pengujian Kinerja Biosorben Kapuk Teraktivasi

Pengujian dilakukan dengan mencampurkan larutan limbah tekstil yang mengandung zat warna sebanyak 50 ml dengan 1 gram serat kapuk yang telah diaktivasi sambil diaduk selama 30 menit (0,5 jam). Larutan sampel sebelum dan sesudah diadsorpsi dilakukan analisis untuk mengetahui konsentrasi kadar zat warna dengan metode spektrofotometer *UV-Visible*. Efektivitas Penyerapan Zat Warna oleh Biosorben Kapuk Teraktivasi dihitung sebagai berikut.

$$\text{Efektivitas (\%)} = (C_0 - C_2)/C_0 \times 100\%$$

Keterangan:

$C_0$  = Konsentrasi zat warna dalam sampel awal sebelum proses adsorpsi

$C_2$  = Konsentrasi zat warna dalam sampel setelah proses adsorpsi

dengan kapuk teraktivasi

d. Pengujian Kinerja Biosorben Komposit Kapuk Teraktivasi dan Arang Aktif

Pengujian dilakukan dengan mencampurkan dengan larutan limbah tekstil yang mengandung zat warna sebanyak 50 ml dengan 1 gram serat kapuk yang telah diaktivasi dan 5 gram arang aktif sambil diaduk selama 30 menit (0,5 jam). Larutan sampel sebelum dan sesudah diadsorpsi dilakukan analisis untuk mengetahui konsentrasi kadar zat warna dengan metode spektrofotometer *UV-Visible*. Efektivitas Penyerapan Zat Warna oleh Biosorben Kapuk Teraktivasi dihitung sebagai berikut.

$$\text{Efektivitas (\%)} = (C_0 - C_3)/C_0 \times 100\%$$

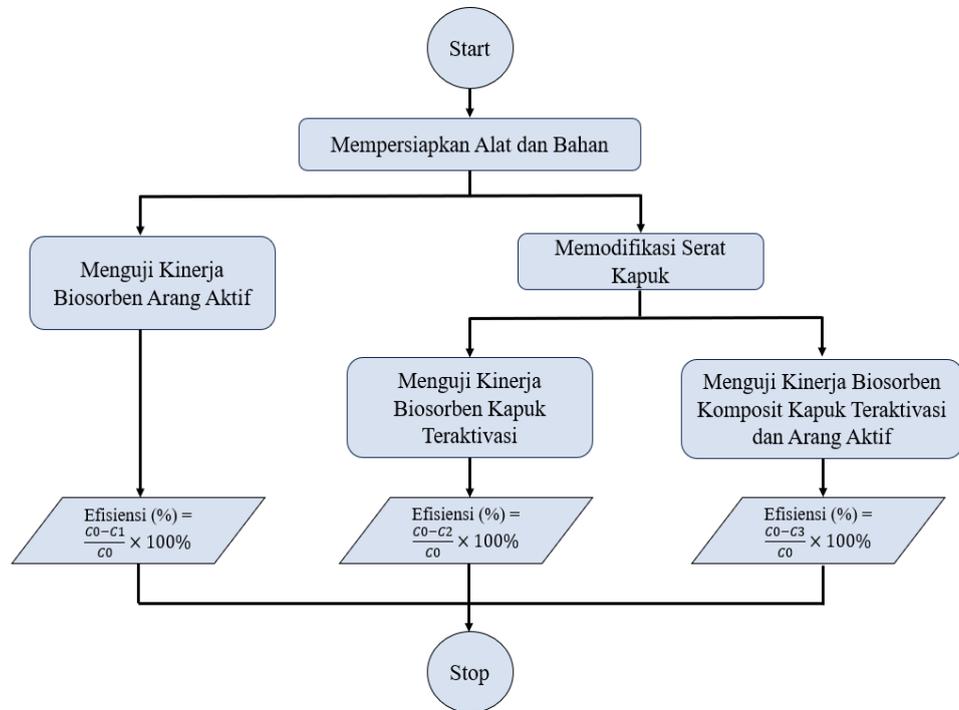
Keterangan:

$C_0$  = Konsentrasi zat warna dalam sampel awal sebelum proses adsorpsi

$C_3$  = Konsentrasi zat warna dalam sampel setelah proses adsorpsi

dengan kapuk teraktivasi dan arang aktif

## 5. Diagram Alir



Gambar 3.1 Flowchart

## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

### A. Modifikasi Serat Kapuk



*Gambar 4.1. Proses Perendaman Kapuk Menggunakan HCL dan NaOH*

Serat kapuk dimodifikasi untuk meningkatkan kapasitas adsorpsi dalam remediasi limbah cair tekstil. Proses modifikasi dapat dilakukan dengan melibatkan aktivasi fisik dan kimia untuk mengubah struktur pori, meningkatkan luas permukaan, serta menambah gugus fungsi aktif yang berperan dalam interaksi dengan zat pencemar (Pratama, 2021).

Aktivasi fisik dilakukan melalui perlakuan pemanasan untuk meningkatkan porositas dan kestabilan struktural serat. Sementara itu, aktivasi kimia menggunakan agen seperti asam klorida (HCl) atau natrium hidroksida (NaOH) bertujuan untuk menambah gugus fungsional seperti karboksil (-COOH) dan hidroksil (-OH), yang berperan dalam mekanisme adsorpsi melalui interaksi elektrostatik, ikatan hidrogen, dan kompleksasi ion logam.

Jenis larutan aktivasi yang digunakan dalam penelitian ini adalah HCl 0,5N dan NaOH 0,5N untuk aktivasi serat kapuk guna meningkatkan kapasitas adsorpsi. Selama proses perendaman, terjadi perubahan warna pada serat dan larutan, di mana perlakuan dengan NaOH 0,5N menghasilkan warna lebih

gelap atau kekuningan dibandingkan perlakuan dengan HCl 0,5N. Perbedaan ini menunjukkan adanya perubahan struktur kimia dan fisik serat akibat reaksi antara larutan aktivator dengan komponen alami kapuk, seperti lignin dan selulosa. Setelah proses perendaman, serat kapuk dicuci untuk menghilangkan residu kimia, kemudian dikeringkan sebelum diuji kinerjanya sebagai biosorben dalam adsorpsi zat pencemar dari limbah cair tekstil.

Analisis karakterisasi yang dilaporkan oleh Patiha et.al. (2016) menjelaskan bahwa modifikasi serat kapuk meningkatkan luas permukaan spesifik serta memperkaya distribusi pori mesopori dan makropori, yang ideal untuk menangkap molekul pewarna tekstil. Studi kinetika dan isoterm adsorpsi mengonfirmasi bahwa adsorpsi mengikuti model Langmuir dengan kapasitas maksimum yang meningkat signifikan dibandingkan serat kapuk tanpa modifikasi. Efektivitas penyerapan dalam penelitian Patiha et.al. juga menunjukkan ketergantungan pada pH larutan, di mana kinerja optimal terjadi pada kondisi pH tertentu yang memaksimalkan muatan permukaan serat.

## **B. Penentuan Panjang Gelombang Maksimum**

Setelah dilakukan pengukuran absorbansi larutan pewarna tekstil Wanteks (warna biru) dalam rentang panjang gelombang 200 nm hingga 1000 nm, hasil spektrum menunjukkan bahwa nilai absorbansi maksimum tercapai pada panjang gelombang 620 nm (Gambar 4.2). Hal ini mengindikasikan bahwa molekul pewarna memiliki puncak serapan tertinggi pada daerah tersebut, yang sesuai dengan karakteristik spektral zat warna yang digunakan

dalam industri tekstil. Panjang gelombang ini dipilih sebagai referensi utama dalam pengukuran absorbansi untuk menentukan konsentrasi larutan pewarna atau sampel pada tahap penelitian selanjutnya.

Prinsip dasar spektrofotometri UV-Vis menyatakan bahwa panjang gelombang maksimum suatu zat menunjukkan interaksi spesifik antara cahaya dan elektron dalam molekulnya, terutama dalam sistem ikatan rangkap terkonjugasi yang terdapat dalam senyawa pewarna (Pavia, 2001). Fenomena ini dijelaskan melalui teori transisi elektronik, di mana elektron dalam orbital molekul mengalami eksitasi dari tingkat energi dasar ke tingkat energi lebih tinggi saat menyerap foton dengan energi yang sesuai. Dalam kasus zat warna tekstil, panjang gelombang maksimum pada 620 nm menunjukkan bahwa transisi elektronik utama terjadi dalam daerah tampak (*visible*), yang berkorelasi dengan warna biru yang dihasilkan oleh zat warna tersebut.

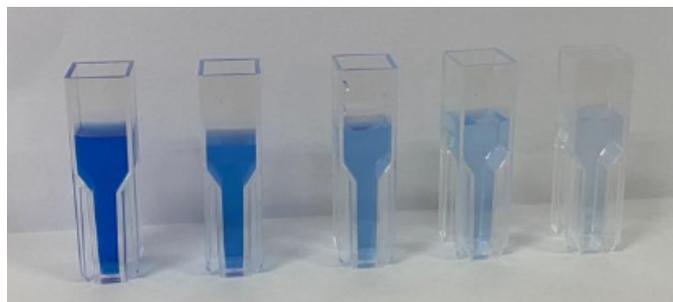
Pengukuran absorbansi pada panjang gelombang maksimum sangat krusial dalam analisis kuantitatif karena memberikan sensitivitas dan akurasi tertinggi dibandingkan dengan panjang gelombang lainnya. Berdasarkan Hukum Lambert-Beer, absorbansi berbanding lurus dengan konsentrasi zat dalam larutan. Hasil ini juga menunjukkan bahwa karakter spektral zat warna tekstil yang digunakan sesuai dengan standar pengukuran spektrofotometri, di mana puncak serapan yang tajam dan jelas pada 620 nm mengindikasikan bahwa pewarna memiliki kemurnian spektral yang baik. Oleh karena itu, penggunaan panjang gelombang ini dalam tahap-tahap penelitian selanjutnya

sangat direkomendasikan untuk memastikan perhitungan konsentrasi yang presisi dalam analisis adsorpsi dan efektivitas remediasi limbah cair tekstil.



Gambar 4.2. Tampilan Layar Scanning Gelombang Maksimal dari Zat Warna Tekstil Wanteks

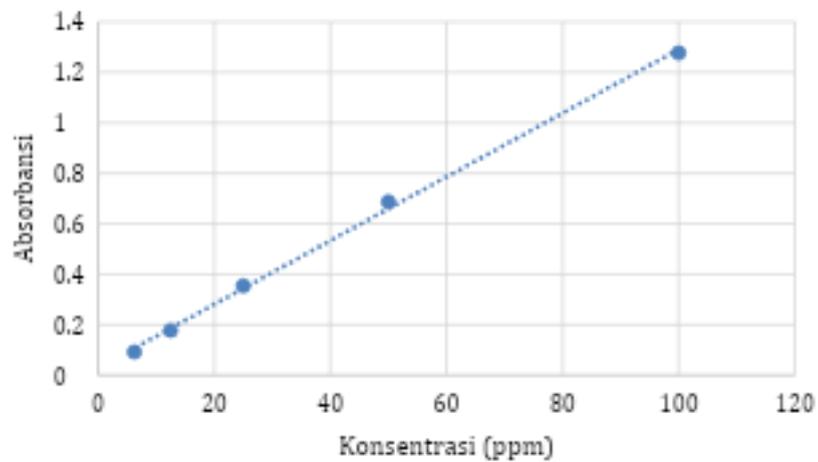
### C. Pembuatan Kurva Standar Larutan Pewarna Tekstil



Gambar 4.3. Warna Larutan Standar untuk Pembuatan Kurva Standar Pewarna Tekstil Wanteks Biru

Tabel 4.1. Nilai Absorbansi Larutan Standar

No.	Konsentrasi (ppm)	Absorbansi (620nm)
1	100.000	1,277
2	50.000	0,687
3	25.000	0,354
4	12.500	0,178
5	6.250	0,092



Gambar 4.4. Grafik dan Persamaan Regresi Linier Kurva Standar

Kurva baku atau kurva standar diperoleh dengan melakukan pengukuran absorbansi larutan standar dengan 5 konsentrasi (mulai 6.250 ppm hingga 100.000 ppm) pada panjang gelombang 620 nm. Seperti nampak pada gambar di atas, diperoleh kurva dengan nilai  $R^2 = 0,9986$ , sehingga dapat

disimpulkan linieritas kurva standar baik dan layak digunakan untuk penentuan konsentrasi sampel pada tahapan penelitian selanjutnya.

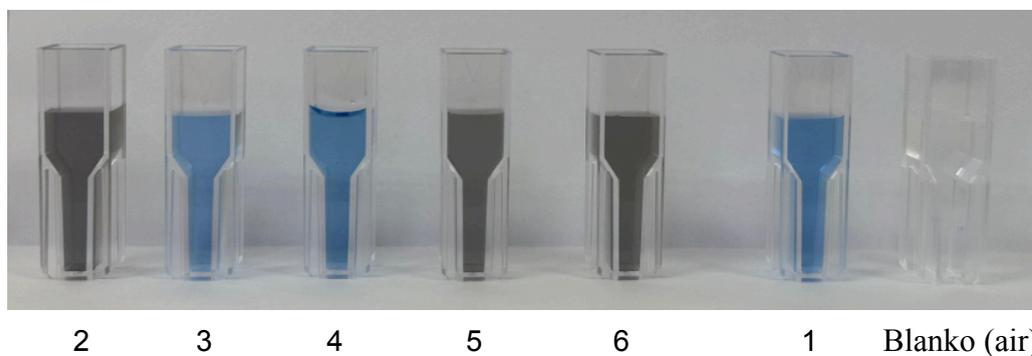
Secara teoritis, hubungan linear antara konsentrasi dan absorbansi sejalan dengan Hukum Lambert-Beer, yang menyatakan bahwa absorbansi suatu larutan berbanding lurus dengan konsentrasi zat penyerap dalam jalur optik tertentu (Pavia, 2001). Hasil ini menegaskan bahwa metode spektrofotometri yang digunakan dalam penelitian ini memiliki akurasi tinggi dalam mengukur konsentrasi pewarna dalam larutan. Selain itu, tingginya nilai  $R^2$  menunjukkan bahwa faktor gangguan seperti dispersi cahaya dan interaksi antar molekul dalam larutan relatif minim, sehingga hasil pengukuran dapat diandalkan.

Pembuatan kurva standar ini sangat penting dalam analisis kuantitatif karena berfungsi sebagai referensi utama dalam menentukan efektivitas adsorpsi serat kapuk termodifikasi. Dengan menggunakan persamaan regresi yang diperoleh, konsentrasi pewarna dalam larutan setelah proses adsorpsi dapat dihitung dengan presisi tinggi. Keberhasilan dalam mendapatkan kurva standar yang linear juga menunjukkan bahwa metode preparasi dan pengukuran telah dilakukan dengan konsistensi yang baik.

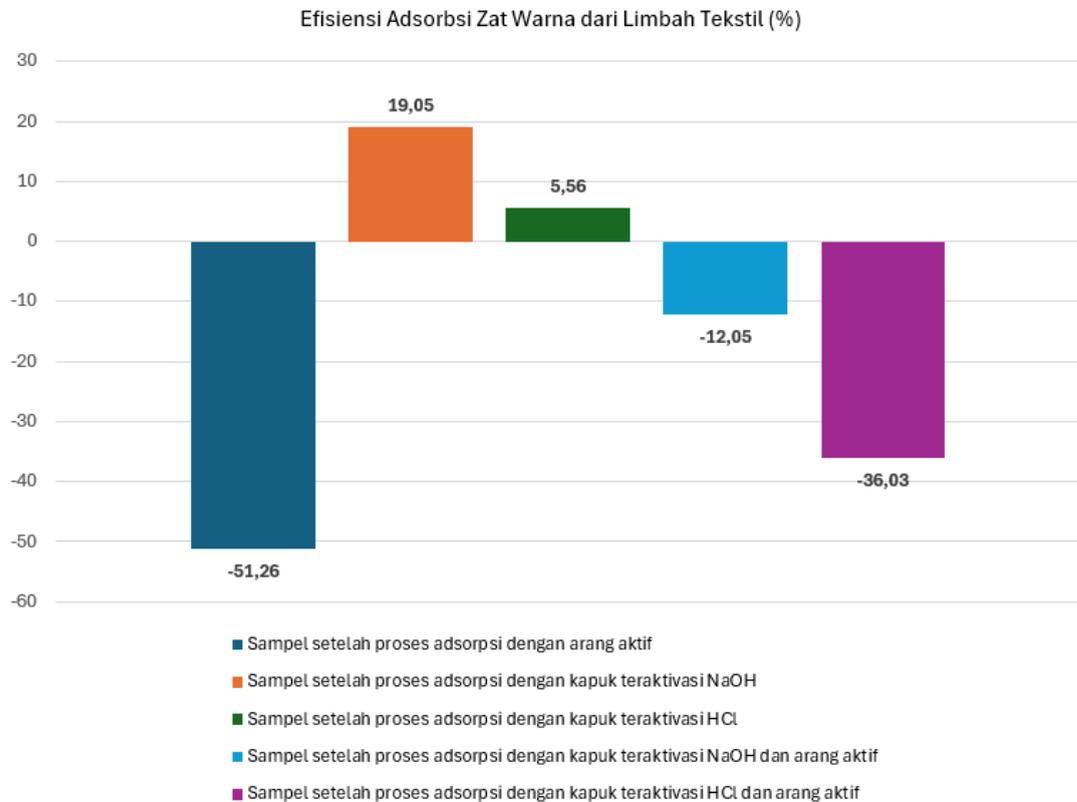
#### D. Pengujian Kinerja Biosorben

Tabel 4.2 Data Kinerja Biosorben

No.	Sampel	Rata-rata Absorbansi	Konsentrasi (ppm)	Efektivitas (%)
1	Sampel awal sebelum proses adsorpsi	0,458	34,051	
2	Sampel setelah proses adsorpsi dengan arang aktif	0,679	51,505	- 51,26
3	Sampel setelah proses adsorpsi dengan kapuk teraktivasi NaOH	0,376	27,565	19,05
4	Sampel setelah proses adsorpsi dengan kapuk teraktivasi HCl	0,434	32,157	5,56
5	Sampel setelah proses adsorpsi dengan kapuk teraktivasi NaOH dan arang aktif	0,510	38,155	- 12,05
6	Sampel setelah proses adsorpsi dengan kapuk teraktivasi HCl dan arang aktif	0,613	46,319	- 36,03



Gambar 4.5. Hasil Akhir Larutan Limbah Setelah Perlakuan (2 s/d 6) dan Larutan Limbah Awal (1) serta Larutan Blanko (Air)



*Gambar 4.6. Grafik Efektivitas Penyerapan Zat Warna Tekstil oleh Biosorben*

Dari Tabel dan grafik di atas, nampak bahwa kinerja terbaik ditunjukkan oleh Sampel 3, yaitu perlakuan adsorpsi dengan kapuk teraktivasi NaOH. Efektivitas penyerapan/adsorpsi zat warna adalah sebesar 19,05%. Hasil ini belum maksimal karena meskipun sudah mengalami penurunan konsentrasi zat warna karena proses adsorpsi oleh kapuk teraktivasi, namun masih ada sekitar 80,95% zat warna yang tertinggal dalam larutan limbah akhir setelah pengolahan. Air hasil pengolahan limbah cair tekstil menggunakan resin berbasis kapuk dan arang aktif tersebut masih berwarna biru sehingga secara kualitas belum memenuhi standar untuk

dimanfaatkan kembali. Kemungkinan proses adsorpsi akan lebih baik jika waktu kontak diperpanjang (dalam penelitian ini hanya dilakukan selama 30 menit saja).

Pada eksperimen ini, juga ditemukan bahwa penggunaan adsorben berbasis arang dengan ukuran partikel yang terlalu kecil menyebabkan perubahan warna limbah cair tekstil yang tidak diinginkan. Limbah yang semula mengandung pewarna biru atau Wanteks mengalami perubahan warna menjadi hitam setelah proses filtrasi. Hal ini terjadi akibat partikel halus dari arang yang terdispersi dalam larutan, sehingga meskipun terjadi adsorpsi zat warna awal, kontaminasi dari arang sendiri justru menyebabkan hasil akhir tetap berwarna gelap.

Secara kimia, partikel arang yang sangat halus memiliki luas permukaan spesifik yang tinggi, sehingga meningkatkan kapasitas adsorpsi zat warna melalui interaksi elektrostatik, ikatan hidrogen, dan gaya Van der Waals antara gugus fungsional karbon seperti karbonil ( $-C=O$ ) dan hidroksil ( $-OH$ ) dengan molekul pewarna. Namun, partikel yang terlalu kecil cenderung terdispersi dalam larutan akibat gaya antarpartikel yang lebih dominan dibandingkan gaya gravitasi, sehingga menyebabkan hasil filtrasi tetap berwarna hitam (Fatimah, 2020).

Secara matematis, luas permukaan total adsorben berbanding terbalik dengan ukuran partikel, sehingga semakin kecil ukuran partikel arang, semakin besar luas permukaannya. Hal ini meningkatkan kapasitas adsorpsi

tetapi juga memperbesar kemungkinan partikel arang terlepas ke dalam larutan, mencemari hasil filtrasi.

Solusi yang dapat dilakukan adalah dengan menggunakan arang dalam bentuk serpihan tanpa dihaluskan menjadi bubuk/serbuk. Dengan demikian, arang dapat tetap berfungsi sebagai adsorben tanpa menyebabkan kontaminasi partikulat dalam larutan hasil filtrasi. Arang padat memiliki luas permukaan yang lebih terbatas dibandingkan arang halus, tetapi hal ini justru mengurangi dispersinya dalam cairan dan memudahkan pemisahan setelah proses adsorpsi selesai. Langkah ini dapat meningkatkan akurasi pengukuran efektivitas adsorpsi dan memastikan bahwa perubahan warna air hasil filtrasi benar-benar mencerminkan efektivitas remediasi limbah, bukan akibat dari kontaminasi adsorben.

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **A. Kesimpulan**

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan dengan menggunakan serat kapuk sebagai biosorben dalam menyerap zat warna tekstil, maka dapat disimpulkan bahwa terdapat pengaruh aktivator HCl dan NaOH dalam memodifikasi serta kapuk, sehingga berpengaruh terhadap kemampuan adsorpsi serat kapuk yang diaktivasi. Modifikasi dengan larutan HCl menghasilkan efektivitas adsorpsi terbesar adalah 5,56%, sedangkan serat kapuk yang diaktivasi larutan NaOH memiliki efektivitas adsorpsi terbesar 19,05%. Biosorben kapuk termodifikasi dan arang aktif memiliki potensi untuk menyerap limbah zat warna, meskipun dalam percobaan ini, kualitas air hasil pengolahan limbah masih belum memenuhi standar untuk digunakan kembali. Masih diperlukan optimasi lebih lanjut pada variabel proses seperti ukuran partikel arang dan durasi adsorpsi untuk meningkatkan efektivitasnya.

#### **B. Saran**

Disarankan beberapa hal untuk penelitian yang akan datang, yaitu perpanjangan proses pengadukan dari 30 menit menjadi 1 jam atau 2 jam untuk memberi waktu kontak lebih antara serat kapuk dengan zat warna tekstil. Ukuran serat kapuk juga sebaiknya diperkecil dengan melakukan pemotongan/pencacahan kapuk teraktivasi untuk memperbesar luas permukaan kontak sehingga adsorpsi bisa berlangsung lebih baik.

Selanjutnya, ukuran partikel arang aktif disarankan untuk diperbesar atau dimasukkan dalam kantong *semipermeabel* seperti kantong teh celup, sehingga mencegah lolosnya arang setelah penyaringan melalui kertas saring yang menyebabkan nilai absorbansi tinggi pada 620 nm akibat warna hitam dari larutan yang masih mengandung arang tersebut.

Selain itu, untuk meminimalkan kontaminasi dari partikel arang aktif yang lolos dalam proses filtrasi, disarankan juga untuk menerapkan teknik sentrifugasi terhadap larutan hasil purifikasi. Proses ini akan memisahkan partikel arang aktif yang tersuspensi dalam larutan limbah sehingga tidak mempengaruhi hasil analisis absorbansi. Dengan demikian, nilai absorbansi yang diperoleh lebih akurat.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, A. L., Harris, W. A., Syafie, S. & Seng, O. B. (2021). *Removal of dye from wastewater of textile industry using membrane technology. Journal of Membrane Science*, 241(1), 17-28.
- Anggita, A. W. (2022). *Zeolit sebagai Adsorben Zat Warna Remazol Black B. Universitas Islam Negeri Walisongo.*
- Chandra, D. A. (2014). *Degradasi Fotokatalitik Zat Warna Tekstil Rhodamin B Menggunakan Katalis TiO<sub>2</sub> Terimpregnasi Zeolit Alam. Universitas Airlangga.*
- Chowdhury, P., Mostafa, M. G., Biswas, T. K. & Sultana, S. (2022). *Reuse of treated wastewater in textile dyeing industries: A review on current status and future perspectives. Journal of Cleaner Production*, 331, 1-14.
- Fatimah, F. (2020). *Penggunaan Arang sebagai Adsorben Sebelum Proses Ion Exchange pada Pengolahan Air Limbah. Skripsi, Poltekkes Kemenkes Yogyakarta.*
- Gupta, V. K., Nayak, A. & Agarwal, S. (2020). *Bioadsorbents for remediation of heavy metals: Current status and their future prospects. Environmental Engineering Research*, 25(1), 13-20.

- Laksono, F. H., & Hidayati, N. (2018). *Validasi Metode Penentuan Rhodamin B dalam Contoh Saus Menggunakan Spektrofotometri UV-Vis. Indonesian Journal of Chemical Analysis*, 1(1), 1-7.
- Leksono, B. E. (2014). *Pengolahan Zat Warna Tekstil Rhodamin B Menggunakan Fotokatalis TiO<sub>2</sub>/Zeolit. Universitas Airlangga*.
- Patiha, E., Herald, E., Hidayat, Y. & Firdaus, M. (2016). *The Langmuir isotherm adsorption equation: The monolayer approach. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 107(1), 012067.
- Pavia, D. L., Lampman, G. M., & Kriz, G. S. (2001). *Introduction to Spectroscopy* (3rd ed.). Brooks/Cole.
- Pereira, R., Peixoto, J., Costa, J. C. & Martins, F. G. (2021). *Advances in textile wastewater treatment using low-cost adsorbents: A comprehensive review. Chemical Engineering Journal*, 425, 130-146.
- Pratama, T. N. & Hadianoro, S. (2021). *Aktivasi serat kapuk dengan asam dan basa pada sintesis biosorben untuk menyerap ion logam nikel dari larutan NiSO<sub>4</sub>. Distilat: Jurnal Teknologi Separasi*, 7(2), 622–628.
- Samaei, S. M., Ghorbani, M., Shahabadi, S. M. & Firouzabadi, F. B. (2021). *Sustainability in wastewater treatment: Advanced and green technologies for textile effluent reuse. Sustainable Chemistry and Pharmacy*, 21, 1-10.

Saravanan, R., Gracia, F., Stephen, A. & Gupta, V. K. (2021). *Novel cellulose-based adsorbents for dye removal in wastewater treatment: A review. International Journal of Biological Macromolecules*, 150, 437-454.

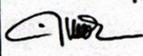
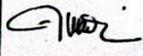
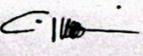
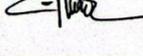
Verma, A. K., Dash, R. R. & Bhunia, P. (2022). *A review on chemical coagulation/flocculation technologies for removal of colour from textile wastewaters. Journal of Environmental Management*, 93(1), 154-168.

Lampiran 1. Form Konsultasi Pembuatan Karya Tulis

**FORM KONSULTASI PEMBUATAN KARYA TULIS  
SMA KATOLIK ST. LOUIS I SURABAYA**

Judul Penelitian : Sintesis Resin Bio-fungsional Berbasis Kapuk dan Arang Aktif untuk Purifikasi Limbah Cair Tekstil  
 Pembimbing 1 : Dra. Maria Viciati, MM.  
 Pembimbing 2 : Y. Hari Suyanto, S.Pd., M.Si.  
 Penyusun : XII MIPA - 1 / Kelompok 3.

Nama	No. Absen	Nama	No. Absen
1. Benedict Alden Suella	04	4. Irene Wijono	18
2. Fernando Anthony	13	5. Stefani Kusuma	32
3. Hansen Wonokusuma	15	6. Theola Kiara Orso	33

No.	Hari, Tanggal	Kegiatan Konsultasi	Tanda Tangan
1	Jumat, 8 November, 2024	Konsultasi Ide Gambaran Besar Penelitian dan Judul	
2	Senin, 18 November, 2024	Konsultasi sebagian besar proposal kecuali Bab III Metodologi Penelitian	
3	Kamis, 23 November, 2024	Konsultasi Bab III Metodologi Penelitian	
4	Jumat, 29 November, 2024	Konsultasi Proposal Final, Flowchart, Judul	
5	Kamis, 30 Januari, 2025	Konsultasi Laporan Penelitian - Pak Hari	
6	Kamis, 30 Januari, 2025	Konsultasi Laporan Penelitian - Bu Vici	

Lampiran 2. Gambar Alat, Bahan, dan Proses

