

## SKRIPSI

### PEMANFAATAN LIMBAH KAYU GALAM SEBAGAI KARBON AKTIF TERAKTIVASI ASAM FOSFAT ( $H_3PO_4$ ) UNTUK MENURUNKAN KONSENTRASI WARNA PADA LIMBAH CAIR SASIRANGAN

Diajukan untuk memenuhi persyaratan mencapai derajat sarjana S1 pada  
Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Lambung  
Mangkurat

Dibuat:

**Ziadatul Mawaddah**

NIM. 2010815220018

Pembimbing:

**Nova Annisa, S.Si., M.S.**

**NIP. 198911282024212032**



PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS LAMBUNG MANGKURAT  
BANJARBARU  
2024

**LEMBAR PENGESAHAN**  
**SKRIPSI PROGRAM STUDI S-1 TEKNIK LINGKUNGAN**

**Pemanfaatan Limbah Kayu Galam Sebagai Karbon Aktif Teraktivasi  
Asam Fosfat ( $H_3PO_4$ ) untuk Menurunkan Konsentrasi Warna pada  
Limbah Cair Sasirangan**

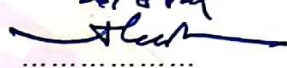
**Oleh**  
**Ziadatul Mawaddah (2010815220018)**

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji pada 26 Agustus 2024 dan dinyatakan

**L U L U S**

**Komite Penguji :**

**Ketua : Muhammad Syahirul Alim, S.T., M.T.**  
NIP. 197511092009121002

*26/8/24*  


**Anggota 1 : Gusti Ihda Mazaya, S.T., M.T.**  
NIP. 199210052022032013



**Pembimbing : Nova Annisa, S.Si., M.S..**

**Utama NIP. 198911282024212032**



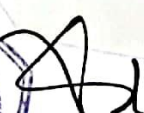
Banjarbaru, 26 SEP 2024

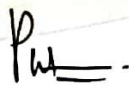
Diketahui dan disahkan oleh:

**Wakil Dekan Bidang Akademik**  
**Fakultas Teknik ULM,**

**Koordinator Program Studi**  
**S-1 Teknik Lingkungan,**



  
**Dr. Mahmud, S.T., M.T.**  
NIP. 19740107 199802 1 001

  
**Dr. Rizqi Puteri Mahyudin, S.Si., M.S**  
NIP. 19780828 201212 2 001

## ABSTRAK

Perkembangan industri tekstil di Indonesia mengalami kemajuan yang pesat, salah satunya industri sasirangan. Pewarna kain pada industri sasirangan memiliki sifat karsinogen, sehingga berbahaya bagi lingkungan. Warna hasil produksi dari industri sasirangan dapat diturunkan menggunakan metode adsorpsi. Jenis adsorben yang banyak dikembangkan untuk adsorpsi zat warna adalah karbon aktif. Salah satu jenis kayu yang dapat dimanfaatkan untuk pembuatan karbon aktif adalah kayu galam. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis karakteristik karbon aktif kayu galam yang optimal sesuai dengan SNI 06-3730-1995 untuk melakukan optimasi proses adsorpsi warna limbah cair sasirangan. Variasi yang digunakan dalam pembuatan karbon aktif kayu galam adalah variasi konsentrasi  $H_3PO_4$  pada aktivasi kimia serta variasi suhu dan waktu pada aktivasi fisika, sedangkan variasi yang digunakan untuk proses adsorpsi adalah kecepatan pengadukan, dosis, dan waktu pengadukan. Optimasi pembuatan karbon aktif dan efisiensi adsorpsi warna dilakukan dengan menggunakan teknologi *Response Surface Method (RSM)* dengan model *Box-Behnken Design (BBD)*. Karbon aktif kayu galam setelah optimasi memiliki karakteristik yang telah sesuai dengan SNI 06-3730-1995 dengan nilai kadar air 2%, kadar abu 1%, dan daya serap iod sebesar 1421,18 mg/g yang diperoleh dengan aktivasi kimia menggunakan 10%  $H_3PO_4$  dan aktivasi fisika dengan suhu 724°C selama 30 menit. Konsentrasi warna pada limbah cair sasirangan setelah perlakuan menggunakan karbon aktif kayu galam telah memenuhi baku mutu berdasarkan PERMEN LHK No. 16 Tahun 2019 dengan nilai konsentrasi warna sebesar 75,4542 Pt-Co dari konsentrasi awal 439,3017 Pt-Co. Efisiensi adsorpsi yang optimum bernilai sebesar 82,0795% yang diperoleh dengan kecepatan pengadukan sebesar 150 rpm, dosis karbon aktif 5 gr/L, dan waktu pengadukan selama 30 menit.

**Kata kunci:** Adsorpsi, *Box-Behnken Design (BBD)*, Karbon aktif, Kayu galam, Limbah cair sasirangan, *Box-Behnken Design (BBD)*, *Response Surface Method (RSM)*.

## **ABSTRACT**

*The development of the textile industry in Indonesia is progressing rapidly, one of which is the sasirangan industry. Fabric dyes in the sasirangan industry have carcinogenic properties, making them harmful to the environment. The color produced from the sasirangan industry can be reduced using the adsorption method. The type of adsorbent that is widely developed for dye adsorption is activated carbon. One type of wood that can be utilized for the manufacture of activated carbon is galam wood. This study aims to analyze the characteristics of optimal galam wood activated carbon in accordance with SNI 06-3730-1995 to optimize the color adsorption process of sasirangan wastewater. The variations used in the manufacture of galam wood activated carbon are variations in the concentration of  $H_3PO_4$  in chemical activation and variations in temperature and time in physical activation, while the variations used for the adsorption process are stirring speed, dosage, and stirring time. Optimization of activated carbon manufacturing and color adsorption efficiency was carried out using Response Surface Method (RSM) technology with the Box-Behnken Design (BBD) model. Galam wood activated carbon after optimization has characteristics that are in accordance with SNI 06-3730-1995 with a value of 2% moisture content, 1% ash content, and iod adsorption capacity of 1421.18 mg/g obtained by chemical activation using 10%  $H_3PO_4$  and physical activation at 724°C for 30 minutes. The color concentration in sasirangan wastewater after treatment using galam wood activated carbon has met the quality standards based on PERMEN LHK No. 16 of 2019 with a color concentration value of 75.4542 Pt-Co from an initial concentration of 439.3017 Pt-Co. The optimum adsorption efficiency is 82.0795% which is obtained with a stirring speed of 150 rpm, a dose of activated carbon of 5 g/L, and a stirring time of 30 minutes.*

**Keywords:** *Adsorption, Box-Behnken Design (BBD), Activated carbon, Galam wood, Sasirangan wastewater, Box-Behnken Design (BBD), Response Surface Method (RSM).*

## PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan atas kehadiran Allah SWT. yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyusun dan menyelesaikan skripsi dengan judul “Pemanfaatan Limbah Kayu Galam sebagai Karbon Aktif Teraktivasi Asam Fosfat ( $H_3PO_4$ ) untuk Menurunkan Konsentrasi Warna pada Limbah Cair Sasirangan”. Dalam penulisan skripsi, tentunya penulis mendapatkan arahan dan bantuan dari berbagai pihak. Maka dari itu, pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada:

1. Allah SWT. yang telah melimpahkan banyak rahmat, anugerah, dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
2. Teristimewa kedua orang tua tercinta, Bapak M. Fahransyah dan Ibu Rasmawati yang selalu mendoakan yang terbaik untuk penulis, selalu memberikan dukungan, motivasi, perhatian, serta telah membesarkan penulis dengan limpahan kasih sayang dan cinta. Terima kasih atas segala hal dan pengorbanan tulus yang telah diberikan kepada penulis yang tidak bisa digantikan dengan apapun.
3. Kakak-kakak tersayang penulis, kakak pertama Zainal Husain dan kakak kedua Ahmad Surya Pani yang senantiasa menjaga dan melindungi penulis sedari kecil hingga sekarang, memberikan banyak doa, dukungan, semangat, saran ketika penulis sedang kesulitan, menasehati, dan membantu dalam hal material untuk memenuhi kebutuhan penulis. Terima kasih atas banyak hal yang telah diberikan hingga penulis dapat berada di titik sekarang.
4. Ibu Nova Annisa, S.Si., M.S. selaku dosen pembimbing skripsi yang telah meluangkan waktu, memberikan pengarahan, membimbing, memberi

masukan, dan memberikan motivasi selama penyusunan skripsi kepada penulis, sehingga skripsi ini dapat selesai.

5. Bapak Muhamad Syahirul Alim, S.T., M.T. dan Ibu Gusti Ihda Mazaya, S.T., M.T. selaku dosen penguji skripsi yang telah memberikan masukan dan saran dalam menyempurnakan skripsi ini.
6. Ibu Dr. Rizqi Puteri Mahyudin, S.Si., M.S. selaku Koordinator Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Univeristas Lambung Mangkurat.
7. Dosen dan Staff Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Lambung Mangkurat yang telah memberikan bekal ilmu kepada penulis.
8. Teman-teman satu tim dalam penelitian adsorpsi warna menggunakan karbon aktif, Dicha Fadhillah, Dita Alfera Yusdianti, dan Umi Kalsum yang telah membantu, memberikan dukungan, doa, dan masukan selama proses penyusunan skripsi ini berlangsung.
9. Sahabat-sahabat penulis sejak Sekolah Menengah Pertama (SMP), Safarina, Nur Sabila Sa'adah, Nur Eva Tia Maisarah, Nida Urrahmah, Dita Hidayanti, dan Novia Savitri yang selalu menemani, menolong, membantu, memberikan saran untuk keputusan demi keputusan yang selama ini penulis ambil. Terima kasih atas doa, dukungan, dan harapan-harapan baik lainnya yang selama ini diberikan.
10. Sahabat-sahabat penulis di masa perkuliahan, Dita Alfera Yusdianti, Lubna Al Habsyi, Siti Zahra, Dicha Fadhillah, Dilayunika Salsabila, Umi Kalsum, Annisa Rahmadina, dan Rosa Fithriyah yang senantiasa membantu, mengajari, menemani, memotivasi, dan memberikan banyak doa serta dukungan selama masa perkuliahan. Terima kasih atas banyak hal baik yang telah diberikan.

11. Teman-teman “Foture 20” (Teknik Lingkungan 2020) yang banyak membantu penulis selama masa perkuliahan.

12. Berbagai pihak yang namanya tidak dapat penulis sebutkan satu-satu, terima kasih telah membantu penulis untuk kelancaran penulisan skripsi ini.

Semoga Allah SWT. selalu melimpahkan rahmat-Nya dan membalas semua kebaikan mereka. Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih memiliki kekurangan. Oleh karena itu, dengan segala kerendahan hati penulis mengharapkan kritik, saran, bimbingan, dan nasihat yang membangun sehingga dapat menyempurnakan tulisan ini.

Banjarbaru, Agustus 2024



Penulis

## DAFTAR ISI

<b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....	<b>i</b>
<b>ABSTRAK</b> .....	<b>ii</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>iii</b>
<b>PRAKATA</b> .....	<b>iv</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>vii</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>ix</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>x</b>
<b>DAFTAR ISTILAH</b> .....	<b>xi</b>
<b>I. PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Batasan Masalah.....	4
1.4 Tujuan Penelitian.....	5
1.5 Manfaat Penelitian.....	5
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>7</b>
2.1 Landasan Teori.....	7
2.1.1 Kayu Galam.....	7
2.1.2 Karbon Aktif.....	8
2.1.3 Limbah Cair Sasirangan .....	22
2.1.4 <i>Response Surface Method</i> (RSM) .....	24
2.2 Studi Pustaka .....	26
2.3 Hipotesis.....	27
<b>III. METODE PENELITIAN</b> .....	<b>28</b>
3.1 Rancangan Penelitian.....	28
3.1.1 Variabel Penelitian.....	28
3.1.2 Kerangka Penelitian .....	30
3.2 Waktu dan Tempat Penelitian.....	31
3.2.1 Waktu Penelitian.....	31
3.2.2 Tempat Penelitian.....	31
3.3 Bahan dan Peralatan Penelitian .....	32
3.3.1 Bahan Penelitian .....	32
3.3.2 Peralatan Penelitian .....	32



3.4	Prosedur Penelitian dan Pengumpulan Data .....	32
3.4.1	Prosedur Penelitian .....	32
3.4.2	Karakterisasi Karbon Aktif Kayu Galam (SNI 06-3730-1995).....	33
3.4.3	Perlakuan Terhadap Limbah Cair Sasirangan .....	38
3.5	Pengumpulan Data.....	38
3.6	Analisis Data .....	39
<b>IV.</b>	<b>HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>42</b>
4.1	Karakteristik Karbon Aktif Kayu Galam .....	42
4.1.1	Analisis Ragam ANOVA Respon Kadar Air .....	42
4.1.2	Hubungan Suhu, Waktu, dan Konsentrasi H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> terhadap Respon Kadar Air .....	44
4.1.3	Analisis Ragam ANOVA Respon Kadar Abu .....	47
4.1.4	Hubungan Suhu, Waktu, dan Konsentrasi H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> terhadap Respon Kadar Abu .....	49
4.1.5	Analisis Ragam ANOVA Respon Daya Serap Iod.....	52
4.1.6	Hubungan Suhu, Waktu, dan Konsentrasi H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> terhadap Respon Daya Serap Iod.....	54
4.1.7	Optimasi Hasil Karakteristik Karbon Aktif.....	56
4.1.8	Verifikasi Kondisi Optimum Hasil Prediksi Model .....	58
4.1.9	Uji Lanjutan Karakteristik Karbon Aktif.....	60
4.2	Proses Adsorpsi Warna Limbah Cair Sasirangan Menggunakan Karbon Aktif Kayu Galam .....	66
4.2.1	Analisis Ragam ANOVA Respon Efisiensi Adsorpsi .....	67
4.2.2	Hubungan Kecepatan Pengadukan, Dosis, dan Waktu Pengadukan terhadap Respon Efisiensi Adsorpsi .....	69
4.2.3	Optimasi Hasil Respon Efisiensi Adsorpsi .....	72
4.2.4	Verifikasi Kondisi Optimum Proses Adsorpsi .....	73
4.2.5	Isoterm Adsorpsi.....	75
<b>V.</b>	<b>KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>78</b>
<b>5.1</b>	<b>Kesimpulan .....</b>	<b>78</b>
<b>5.2</b>	<b>Saran .....</b>	<b>78</b>
	<b>DAFTAR RUJUKAN .....</b>	<b>80</b>
	<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>88</b>

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2. 1</b>	Standar Kualitas Karbon Aktif Berdasarkan SNI 06-3730-1995.....	14
<b>Tabel 2. 2</b>	Standar Baku Mutu Air Limbah Industri Tekstil .....	23
<b>Tabel 2. 3</b>	Studi Pustaka.....	26
<b>Tabel 3. 1</b>	Kode dan Level Variabel Karakteristik Karbon Aktif .....	29
<b>Tabel 3. 2</b>	Kode dan Level Variabel Proses Adsorpsi.....	29
<b>Tabel 4. 1</b>	Analisis ANOVA Respon Kadar Air .....	42
<b>Tabel 4. 2</b>	Data Statistik.....	42
<b>Tabel 4. 3</b>	Analisis ANOVA Respon Kadar Abu.....	47
<b>Tabel 4. 4</b>	Data Statistik .....	47
<b>Tabel 4. 5</b>	Analisis ANOVA Respon Daya Serap Iod.....	52
<b>Tabel 4. 6</b>	Data Statistik.....	52
<b>Tabel 4. 7</b>	Kriteria Optimasi untuk Respon .....	57
<b>Tabel 4. 8</b>	Solusi Formula Karbon Aktif yang Terpilih.....	57
<b>Tabel 4. 9</b>	Hasil Verifikasi Formulasi Karbon Aktif Optimum .....	59
<b>Tabel 4. 10</b>	Analisis Konfirmasi Hasil Verifikasi .....	59
<b>Tabel 4. 11</b>	Analisa Kandungan CHN.....	60
<b>Tabel 4. 12</b>	Analisa BET Karbon Aktif .....	61
<b>Tabel 4. 13</b>	Analisis ANOVA Respon Efisiensi Adsorpsi.....	67
<b>Tabel 4. 14</b>	Data Statistik .....	67
<b>Tabel 4. 15</b>	Kriteria Optimasi untuk Respon.....	72
<b>Tabel 4. 16</b>	Solusi Optimasi Proses Adsorpsi yang Terpilih .....	73
<b>Tabel 4. 17</b>	Hasil Verifikasi Kondisi Operasi Adsorpsi Optimum.....	74
<b>Tabel 4. 18</b>	Analisis Konfirmasi Hasil Verifikasi .....	75
<b>Tabel 4. 19</b>	Persamaan Model Isoterm Freundlich .....	76
<b>Tabel 4. 20</b>	Persamaan Model Isoterm Langmuir .....	77

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2. 1</b> Karbon aktif bentuk granular (Zahra, 2021). .....	10
<b>Gambar 2. 2</b> Karbon aktif bentuk pellet (Zahra, 2021). .....	10
<b>Gambar 2. 3</b> Karbon aktif bentuk serbuk (Zahra, 2021).....	11
<b>Gambar 3. 1</b> Diagram Alir Kerangka Penelitian.....	30
<b>Gambar 4. 1</b> Grafik 3D Hubungan Antara Faktor terhadap Respon Kadar Air ...	45
<b>Gambar 4. 2</b> Kurva Kontur Hubungan Antara Faktor terhadap Respon Kadar Air .....	45
<b>Gambar 4. 3</b> Grafik 3D Hubungan Antara Faktor terhadap Respon Kadar Abu .	49
<b>Gambar 4. 4</b> Kurva Kontur Hubungan Antara Faktor terhadap Respon Kadar Abu .....	50
<b>Gambar 4. 5</b> Grafik 3D Hubungan Antara Faktor terhadap Respon Daya Serap Iod .....	54
<b>Gambar 4. 6</b> Kurva kontur Hubungan Antara Faktor terhadap Respon Daya Serap Iod.....	55
<b>Gambar 4. 7</b> Hasil Uji SEM A) Sampel sebelum aktivasi, B) Sampel setelah aktivasi, C) Sampel setelah adsorpsi.....	63
<b>Gambar 4. 8</b> Hasil Analisa FTIR.....	65
<b>Gambar 4. 9</b> Kurva Kontur Hubungan Antara Faktor terhadap Respon Efisiensi Adsorpsi A) Hubungan antara faktor kecepatan pengadukan dan dosis, B) Hubungan antara faktor kecepatan pengadukan dan waktu pengadukan, C) Hubungan antara faktor dosis dan waktu pengadukan.....	69
<b>Gambar 4. 10</b> Grafik 3D Hubungan Antara Faktor terhadap Respon Efisiensi Adsorpsi.....	70
<b>Gambar 4. 11</b> Hasil verifikasi proses adsorpsi.....	74
<b>Gambar 4. 12</b> Grafik Isoterm Freundlich.....	76
<b>Gambar 4. 13</b> Grafik Isoterm Langmuir.....	76

## DAFTAR ISTILAH

Adsorbat	= Suatu zat yang diserap oleh adsorben
Adsorben	= Suatu zat yang melakukan penyerapan terhadap zat lain dalam proses adsorpsi
Adsorpsi	= Proses masuknya zat padat tertentu karena adanya gaya tarik molekul pada permukaan zat
Aktivasi	= Proses memperbesar luas permukaan pori karbon aktif
<i>Batch</i>	= Proses yang tidak berlangsung secara terus menerus
BBD	= <i>Box-Behnken Design</i>
CHN	= <i>Carbon, Hydrogen, Nitrogen</i>
Dehidrasi	= Proses pengurangan kadar air pada bahan baku
Hidrolisis	= Penguraian zat pada reaksi kimia yang disebabkan oleh air
Higroskopis	= Kemampuan suatu zat untuk menyerap cairan melewati proses adsorpsi
<i>Interface</i>	= Lapisan film yang melapisi permukaan adsorben
<i>Irreversible</i>	= Kondisi pada proses kimia yang menggambarkan suatu reaksi tidak dapat dipulihkan kembali
IUPAC	= <i>International Union of Pure and Applied Chemistry</i>
Karbonisasi	= Proses pemanasan bahan baku untuk menguraikan selulosa organik menjadi unsur karbon
<i>Reversible</i>	= Kondisi pada proses kimia yang menggambarkan suatu reaksi dapat dipulihkan kembali
RSM	= <i>Response Surface Method</i>
SNI	= Standar Nasional Indonesia