



**OPTIMALISASI KARBON AKTIF BERBAHAN LIMBAH KAYU GALAM
SEBAGAI PENYERAP KADAR WARNA *METHYLEN BLUE*
MENGUNAKAN PENDEKATAN *RESPON SURFACE METHODOLOGY***

SKRIPSI

**Untuk memenuhi persyaratan
dalam menyelesaikan Strata-1 Fisika**

Oleh :

BAYU ISMUHADI

2111014210003

**PROGRAM STUDI S-1 FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMBUNG MANGKURAT
BANJARBARU**

2025

**LEMBAR PENGESAHAN
SKRIPSI**

**OPTIMALISASI KARBON AKTIF BERBAHAN LIMBAH KAYU GALAM
SEBAGAI PENYERAP KADAR WARNA *METHYLEN BLUE*
MENGUNAKAN PENDEKATAN *RESPON SURFACE METHODOLOGY***

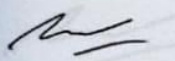
Oleh:

Bayu Ismuhadi

NIM. 2111014210003

disetujui oleh Dosen Pembimbing telah melakukan penelitian dalam rangka penyelesaian skripsi, pada tanggal:

Pembimbing I



Dra. Dr. Ninis Hadi Haryanti, M.S.
NIP. 19621206 198601 2 001
Pembimbing II



Dr. Tetti Novalina Manik, S. Si., M.T.
NIP. 19741227 200112 2 003
Pembimbing III



Dr. Hafizh Prasetia, S.Si, M.S.
NIP. 19850710 201902 1 002

Dosen Penguji :

1. Dr. Suryajaya, M.Sc. Tech. ()



2. Dr. Totok Wianto, S.Si., M.Si. ()

Dr. Tetti Novalina Manik, S. Si., M.T.
NIP. 19741227 200112 2 003



Banjarbaru, 2025
Program Studi Fisika

Dr. Nurma, S.Si, M.Sc.
NIP. 19760414 200312 2 001

**LEMBAR PENGESAHAN
SKRIPSI**

**OPTIMALISASI KARBON AKTIF BERBAHAN LIMBAH KAYU GALAM
SEBAGAI PENYERAP KADAR WARNA *METHYLEN BLUE*
MENGUNAKAN PENDEKATAN *RESPON SURFACE METHODOLOGY***

Oleh:

Bayu Ismuhadi

NIM. 2111014210003

disetujui oleh Dosen Pembimbing telah melakukan penelitian dalam rangka penyelesaian skripsi, pada tanggal:

Pembimbing I

Dra. Dr. Ninis Hadi Haryanti, M.S.
NIP. 19621206 198601 2 001

Pembimbing II

Dr. Tetti Novalina Manik, S. Si., M.T.
NIP. 19741227 200112 2 003

Pembimbing III

Dr. Hafizh Prasetia, S.Si, M.S.
NIP. 19850710 201902 1 002



Banjarbaru, 2025
Program Studi Fisika

Dr. Nurlina, S.Si, M.Sc.
NIP. 19760414 200312 2 001

PERSEMBAHAN

Penulis persembahkan karya sederhana ini untuk seluruh umat manusia yang dengan tulus memberikan cinta, dukungan, dan bantuan, baik dalam bentuk doa, semangat, maupun materi terhadap satu sama lain. Semoga karya ini dapat memberikan manfaat dan menginspirasi kita semua untuk terus berjuang demi kebaikan bersama. Terima kasih kepada setiap individu yang dengan cara mereka masing-masing berkontribusi untuk menciptakan dunia yang lebih baik dan harmonis.

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan disuatu Perguruan Tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam Daftar Pustaka.

Banjarbaru, Januari 2025



Bayu Ismuhadi
NIM. 2111014210003

ABSTRAK

OPTIMALISASI KARBON AKTIF BERBAHAN LIMBAH KAYU GALAM SEBAGAI PENYERAP KADAR WARNA *METHYLEN BLUE* MENGUNAKAN PENDEKATAN *RESPON SURFACE METHODOLOGY*

(Oleh : Bayu Ismuhadi; Pembimbing : Dr. Dra. Ninis Hadi Haryanti, M. S.; Dr. Tetti Novalina Manik, S. Si., M.T.; Dr. Hafizh Prasetia, S.Si, M.S., 2025)

ABSTRAK- Penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan karbon aktif berbahan limbah kayu galam sebagai adsorben zat warna methylen blue menggunakan metode Response Surface Methodology – Box-Behnken Design (RSM-BBD). Limbah kayu galam dikarbonisasi melalui proses pirolisis pada suhu 400°C selama 60 menit, diikuti dengan aktivasi kimia menggunakan H₃PO₄ 12% dan aktivasi fisik pada suhu 550°C, 650°C, dan 750°C dengan waktu 30, 60, dan 90 menit. Pengaruh variabel proses terhadap karakteristik karbon aktif dianalisis menggunakan ANOVA, yang menunjukkan model optimasi memiliki akurasi tinggi dengan nilai $R^2 > 0,97$. Uji adsorpsi dilakukan dengan variasi konsentrasi methylen blue (25, 75, dan 125 mg/L), dosis adsorben (0,5; 1; dan 1,5 gram), serta waktu kontak (40, 80, dan 120 menit). Hasil eksperimen menunjukkan bahwa karbon aktif kayu galam memiliki efisiensi adsorpsi hingga 98,92%, dengan kapasitas adsorpsi maksimum sebesar 8,474 mg/g, mengikuti model isoterm Langmuir. Karakterisasi menggunakan BET, SEM, XRD, dan FTIR mengonfirmasi luas permukaan spesifik dan struktur pori karbon aktif yang berkembang secara optimal. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa karbon aktif dari kayu galam memiliki potensi besar sebagai material adsorben dalam pengolahan limbah air, terutama untuk penyisihan zat warna dan kontaminan organik. Pendekatan RSM-BBD terbukti efektif dalam mengoptimalkan kondisi aktivasi dan adsorpsi, sehingga dapat menjadi referensi dalam pengembangan material adsorben berbasis limbah biomassa secara berkelanjutan.

KATA KUNCI: karbon aktif, kayu galam, adsorpsi, methylen blue, RSM-BBD.

ABSTRACT

OPTIMISATION OF ACTIVATED CARBON MADE FROM GALAM WOOD WASTE AS METHYLEN BLUE COLOUR ABSORBENT USING RESPONSE SURFACE METHODOLOGY APPROACH

(By: Bayu Ismuhadi; Supervisor: Dr. Dra. Ninis Hadi Haryanti, M. S.; Dr. Tetti Novalina Manik, S. Si., M.T.; Dr. Hafizh Prasetya, S.Si, M.S., 2025)

ABSTRACT– This research aims to optimise activated carbon made from galam wood waste as methylen blue dye adsorbent using Response Surface Methodology - Box-Behnken Design (RSM-BBD) method. Galam wood waste was carbonised through pyrolysis at 400°C for 60 minutes, followed by chemical activation using 12% H₃PO₄ and physical activation at 550°C, 650°C, and 750°C for 30, 60, and 90 minutes. The effect of process variables on the characteristics of activated carbon was analysed using ANOVA, which showed the optimisation model had high accuracy with an R² value > 0.97. Adsorption tests were conducted with variations in methylen blue concentration (25, 75, and 125 mg/L), adsorbent dosage (0.5; 1; and 1.5 grams), and contact time (40, 80, and 120 minutes). Experimental results showed that galam wood activated carbon had an adsorption efficiency of up to 98.92%, with a maximum adsorption capacity of 8.474 mg/g, following the Langmuir isotherm model. Characterisation using BET, SEM, XRD and FTIR confirmed the specific surface area and pore structure of the optimally developed activated carbon. The results of this study indicate that activated carbon from galam wood has great potential as an adsorbent material in wastewater treatment, especially for the removal of dyes and organic contaminants. The RSM-BBD approach proved effective in optimising activation and adsorption conditions, so it can be a reference in the development of biomass waste-based adsorbent materials in a sustainable manner.

KEYWORDS : activated carbon, galam wood, adsorption, methylen blue, RSM-BBD.

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa karena berkat rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan Skripsi ini yang berjudul **“OPTIMALISASI KARBON AKTIF BERBAHAN LIMBAH KAYU GALAM SEBAGAI PENYERAP KADAR WARNA *METHYLEN BLUE* MENGGUNAKAN PENDEKATAN *RESPON SURFACE METHODOLOGY*”** ini dengan baik. Penulisan laporan skripsi ini merupakan bagian dari tugas akademik di Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lambung Mangkurat, sebagai persyaratan untuk menyelesaikan program Sarjana (S1) Program Studi Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lambung Mangkurat.

Penulis menyadari bahwa penyelesaian laporan ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak, oleh karena itu pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Abdul Gafur, M.Si., M.Sc., Ph.D. selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lambung Mangkurat.
2. Ibu Dr. Nurlina, S.Si, M.Sc. selaku Koordinator Program Studi S-1 Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lambung Mangkurat.
3. Ibu Dr. Dra. Ninis Hadi Haryanti, M.S. selaku pembimbing akademik yang senantiasa memberikan dukungan, masukan dan arahan, dalam perkembangan akademik sampai dengan penyusunan skripsi sehingga menjadi lebih baik.
4. Ibu Dr. Dra. Ninis Hadi Haryanti, M.S. dan Ibu Dr. Tetti Novalina Manik, S. Si., M.T. serta Bapak Dr. Hafiizh Prasetya, S.Si, M.S._selaku dosen pembimbing skripsi I, II dan III yang telah meluangkan waktu, memberikan bimbingan, membantu kelancaran penyusunan skripsi, kritik dan saran, serta dukungan dalam penyusunan skripsi.
5. Bapak Dr. Suryajaya, M.Sc. Tech. dan Bapak Dr. Totok Wianto, S.Si., M.Si. selaku dosen penguji I dan II yang telah memberikan kritik dan masukan yang sifatnya membangun, sehingga penelitian ini menjadi lebih baik.
6. Seluruh dosen dan staff Program Studi Fisika yang telah memberikan ilmu dan pengalamannya selama kuliah.

7. Seluruh pihak yang tidak bisa disebutkan satu-persatu yang telah banyak memberikan dukungan moril maupun materil dalam penyelesaian laporan skripsi ini.

Penulis juga menyadari bahwa laporan skripsi ini masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu penulis mengharapkan adanya kritik dan saran yang bersifat membangun. Semoga laporan skripsi ini dapat berguna bagi penulis dan bagi pembaca pada umumnya.

Banjarbaru, Januari 2025



Bayu Ismuhadi
NIM. 2111014210003

DAFTAR ISI

SKRIPSI	i
LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	ii
LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	iii
PERSEMBAHAN	iv
PERNYATAAN	v
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR TABEL	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Manfaat Penelitian	4
1.5 Batasan Masalah	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Kayu Galam	6
2.2 <i>Methylen Blue</i>	7
2.3 Pirolisis	7
2.4 Biochar.....	8
2.5 Aktivasi.....	8
2.5.1 Aktivasi Kimia.....	9
2.5.2 Aktivasi Fisika	9
2.6 Karbon Aktif.....	9
2.7 Karakterisasi Karbon Aktif.....	11
2.7.1 Kadar Air.....	11
2.7.2 Kadar Abu	12

2.7.3 Kadar Zat Terbang (<i>Volatile Matter</i>).....	12
2.7.4 Kadar Karbon Terikat (<i>Fixed Carbon</i>)	12
2.7.5 Analisis Karakterisasi Lanjutan	12
2.8. Adsorpsi.....	13
2.9 Isoterm Adsorpsi.....	13
2.10 Kinetika Adsorpsi	15
2.11 Metode <i>Response Surface Method</i> (RSM)	15
BAB III METODE PENELITIAN	18
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian.....	18
3.2 Alat dan Bahan	18
3.2.1 Alat.....	18
3.2.2 Bahan	18
3.3 Tahap Penelitian	19
3.4 Variabel Penelitian	20
3.5 Rancangan Penelitian	20
3.5.1 Rancangan Percobaan Proses Aktivasi Karbon Aktif	20
3.5.2 Rancangan Percobaan Proses Adsorpsi Karbon Aktif	21
3.6 Prosedur Penelitian	22
3.6.1 Persiapan Bahan Baku dan Analisis Bahan Baku	22
3.6.2 Proses Pirolisis	22
3.6.3 Preparasi Biochar	23
3.6.4 Aktivasi Kimia-Fisika	23
3.6.5 Preparasi Larutan <i>Methylen Blue</i>	23
3.6.6 Preparasi Larutan Standar	23
3.6.7 Adsorpsi <i>Methylen Blue</i> dengan Karbon Aktif	23
3.7 Pengujian	24
3.7.1 Kadar Air.....	24
3.7.2 Kadar Abu	24
3.7.3 Volatile matter.....	25
3.7.4 Fixed Carbon.....	25
3.7.5 Analisa CHN	25
3.7.6 Analisa TGA	25

3.7.7 Spektrofotometer UV-Vis	26
3.7.8 Analisa FTIR.....	26
3.7.9 Analisa SEM	27
3.7.10 Analisa XRD	27
3.7.11 BET (Luas Permukaan).....	28
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	29
4.1 Limbah Kayu Galam	29
4.2 Biochar.....	29
4.1.1 Hasil Uji Proksimat	31
4.3 Karbon Aktif sebagai Adsorben	31
4.4 Hasil <i>Analysis of Variance</i> (ANOVA)	34
4.4.1 Hasil ANOVA Tahap 1 Respon Karbon Aktif Limbah Kayu Galam	34
4.4.2 Kadar Air.....	35
4.4.3 Kadar Abu	37
4.4.4 <i>Volatile Matter</i>	38
4.4.5 Solusi Hasil Optimasi RSM.....	40
4.4.6 Verifikasi Data.....	41
4.5 Proses Adsorpsi	42
4.5.1 Penentuan Panjang Gelombang <i>Methylen Blue</i>	42
4.5.2 Analisa Penyerapan <i>Methylen Blue</i>	43
4.5.3 Analisa Efisiensi Adsorpsi.....	44
4.5.4 Optimasi Adsorpsi <i>Methylen Blue</i>	47
4.6 <i>Isoterm</i> Adsorpsi.....	48
4.7 Kinetika Adsorpsi	49
4.8 Hasil Karakteristik Lanjut	50
4.8.1 CHN	50
4.8.2 <i>Thermogravimetric Analysis</i> (TGA)	52
4.8.3 <i>Fourier Transform Infrared</i> (FTIR).....	53
4.8.4 <i>Scanning Electron of Microscopy</i> (SEM-EDX).....	55
4.8.5 <i>Brunauer Emmett Teller</i> (BET)	59
4.8.6 <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD)	61
BAB V PENUTUP	66

5.1 Kesimpulan.....	66
5.2 Saran	66
DAFTAR PUSTAKA	68
LAMPIRAN.....	75

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Habitat Tanaman Galam dan Pemanfaatannya untuk Pondasi	6
Gambar 2.2 Limbah Kayu Galam	6
Gambar 2.3 Karbon Aktif	10
Gambar 2.4 Klasifikasi pori-pori karbon aktif	11
Gambar 2.5 Model <i>Box-Behnken Design</i> (BBD)	16
Gambar 2.6 Model <i>Box-Behnken Design</i> (BBD)	16
Gambar 3.1 Tahapan penelitian	19
Gambar 4.1 Biochar	31
Gambar 4.2 Grafik Pengaruh Faktor (a) Rasio Impregnasi Karbon terhadap H_3PO_4 , (b) Temperatur, (c) Waktu Aktivasi terhadap Kadar Air	35
Gambar 4.3 Grafik Model 3D <i>Surface</i> kadar air Pengaruh Interaksi Antara (a) Faktor Rasio Impregnasi dan Temperature, (b) Faktor Rasio Impregnasi dan Waktu (c) Faktor Waktu dan Temperature Respon Kadar Air Biochar	36
Gambar 4.4 Grafik Pengaruh Faktor (a) Rasio Impregnasi Karbon terhadap H_3PO_4 , (b) Temperatur, (c) Waktu Aktivasi terhadap Kadar Abu	37
Gambar 4.5 3D <i>Surface</i> Kadar abu Pengaruh Interaksi Antara (a) Faktor Rasio Impregnasi dan Temperature, (b) Faktor Rasio Impregnasi dan Waktu (c) Faktor Waktu dan Temperature Respon Kadar Abu Biochar	38
Gambar 4.6 Grafik Pengaruh Faktor (a) Rasio Impregnasi Karbon terhadap H_3PO_4 (b) Temperatur (c) Waktu Aktivasi terhadap <i>Volatile Matter</i>	39
Gambar 4.7 3D <i>Surface</i> Kadar volatile matter Pengaruh Interaksi Antara (a) Faktor Rasio Impregnasi dan Temperature, (b) Faktor Rasio Impregnasi dan Waktu, (c) Faktor Waktu dan <i>Temperature</i> Respon <i>Volatile Matter</i> Biochar	39
Gambar 4.8 Solusi Pembuatan Karbon Aktif Limbah Kayu Galam menggunakan aplikasi <i>Design Expert</i> ver 13	40
Gambar 4.9 Hasil Plot Panjang Gelombang Maksimum <i>Methylen Blue</i> Menggunakan Software Origin Pro 8.5	42

Gambar 4.10 Analisa penyerapan <i>Methylen Blue</i> (a) pada rentang 450-800 nm ⁻¹ , (b) pada rentang 500-663 nm ⁻¹	44
Gambar 4.11 Grafik Pengaruh Faktor (a) Dosis Adsorben (b) Konsentrasi Larutan (c) Waktu Kontak	44
Gambar 4.12 3D <i>Surface</i> efisiensi adsorpsi pengaruh interaksi (a) Faktor Dosis Adsorben dan Konsentrasi Larutan, (b) Faktor Dosis Adsorben dan Waktu Kontak, (c) Faktor Konsentrasi Larutan dan Waktu Kontak.	45
Gambar 4.13 Hasil Analisis TGA Bahan Baku	52
Gambar 4.14 Spektrum FTIR Bahan Baku, Biochar, Karbon Aktif dan Karbon Aktif Setelah Adsorpsi	53
Gambar 4.15 Hasil Analisis SEM Bahan baku limbah kayu galam (a) Perbesaran 1000× (b) Perbesaran 2000× (c) Perbesaran 3000×	55
Gambar 4.16 Hasil Analisis SEM Biochar limbah kayu galam (a) Perbesaran 5000× (b) Perbesaran 10000× (c) Perbesaran 15000×	56
Gambar 4.17 Hasil Analisis SEM Karbon Aktif limbah kayu galam (a) Perbesaran 5000× (b) Perbesaran 10000× (c) Perbesaran 15000×	56
Gambar 4.18 Hasil Analisis SEM Karbon Aktif Setelah Adsorpsi (a) Perbesaran 5000× (b) Perbesaran 10000× (c) Perbesaran 15000×	56
Gambar 4.19 Difraktogram XRD Biochar, Karbon Aktif dan Karbon Aktif Setelah Adsorpsi	62

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Persyaratan Karbon Aktif Berdasarkan SNI 06-3730-1995.....	10
Tabel 3.1 Variabel Penelitian Optimasi Proses Aktivasi.....	20
Tabel 3.2 Pengacakan faktor menggunakan <i>Box-Behnken Design</i>	21
Tabel 3.3 Variabel Penelitian Proses Adsorpsi <i>Methylen Blue</i>	21
Tabel 3.4 Rancangan Percobaan Proses Zat Pewarna <i>Methylen Blue</i>	22
Tabel 3.5 Gugus Fungsi dan Jenis Senyawa	27
Tabel 4.1 Biochar Hasil Pirolisis.....	30
Tabel 4.2 Hasil Analisis Proksimat Bahan Baku Dan Biochar Kayu Galam.....	31
Tabel 4.3 Karakteristik Karbon Aktif Setelah Aktivasi Kimia-Fisika	32
Tabel 4.4 Hasil ANOVA Tahap 1 Respon Karbon Aktif Limbah Kayu Galam...34	
Tabel 4.5 Perbandingan Akurasi Data Faktual Dan Prediksi Aplikasi	41
Tabel 4.6 Efisiensi Adsorpsi Karbon Aktif.....	43
Tabel 4.7 Hasil ANOVA Tahap 2 Respon <i>Efisiensi Adsorpsi Methylen Blue</i>	46
Tabel 4.8 Solusi Optimasi Efisiensi Penyerapan <i>Methylen Blue</i>	47
Tabel 4.9 Perbandingan Akurasi Efisiensi Penyerapan <i>Methylen Blue</i>	47
Tabel 4.10 Hasil Perhitungan <i>Isotherm</i> Adsorpsi Karbon Aktif Limbah Kayu Galam	48
Tabel 4.11 Hasil Perhitungan <i>Isotherm</i> Adsorpsi Karbon Aktif Limbah Kayu Galam	49
Tabel 4.12 Analisa CHN Untuk Bahan Baku Dan Biochar	51
Tabel 4.13 Bilangan Gelombang dan Gugus Fungsi Hasil Spektrum FTIR.....	54
Tabel 4.14 Analisis Kandungan Unsur Pada Setiap Sampel.....	57
Tabel 4.15 Hasil Analisis BET.....	59
Tabel 4.16 Hasil Perhitungan Laju Difusi.....	60
Tabel 4.17 Data XRD Nilai Puncak 2θ , Intensitas, FWHM Serta Pehitungan Jarak Bidang Dan Ukuran Kristal	63