

**ANALISIS KARAKTERISTIK DAN KINERJA
POLYSULFIDE SORBENT (PSS) BERBAHAN
MINYAK GORENG BEKAS DAN BELERANG
DALAM MENURUNKAN Cu^{2+}**

SKRIPSI



Oleh :

MARISSA ARINY
NPM 21034010048

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS, DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN" JAWA TIMUR
FAKULTAS TEKNIK DAN SAINS
PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
SURABAYA
2026**

**ANALISIS KARAKTERISTIK DAN KINERJA *POLYSULFIDE*
SORBENT (PSS) BERBAHAN MINYAK GORENG BEKAS
DAN BELERANG DALAM MENURUNKAN Cu^{2+}**

SKRIPSI

**Diajukan Untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan
Dalam Memperoleh Gelar Sarjana Teknik (S.T.)
Program Studi Teknik Lingkungan.**

Diajukan Oleh :

MARISSA ARINY

NPM 21034010048

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS, DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN" JAWA TIMUR
FAKULTAS TEKNIK DAN SAINS
PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN**

SURABAYA

2026

LEMBAR PERSETUJUAN

**ANALISIS KARAKTERISTIK DAN KINERJA *POLYSULFIDE*
SORBENT (PSS) BERBAHAN MINYAK GORENG BEKAS
DAN BELERANG DALAM MENURUNKAN Cu^{2+}**

Disusun Oleh:

**Marissa Ariny
NPM 21034010048**

Telah disetujui untuk mengikuti Ujian Penelitian

Menyetujui,

Pembimbing I

Pembimbing II

**R. Kokoh Harvo Putro, S.T., M.T.
NIP. 19900905 201903 1 026**

**Syadzadhiya O. Z. Nisa, S.T., M.T.
NPT. 21219940930296**

Mengetahui,

**Dekan Fakultas Teknik dan Sains
Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur**

**Prof. Dr. Dra. Jarivah, M.P.
NIP. 19650403 199103 2 001**

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISIS KARAKTERISTIK DAN KINERJA *POLYSULFIDE SORBENT* (PSS) BERBAHAN MINYAK GORENG BEKAS DAN BELERANG DALAM MENURUNKAN Cu^{2+}

Disusun Oleh:

Marissa Ariny
NPM 21034010048

Telah diuji kebenaran oleh Tim Penguji dan diterbitkan pada Jurnal
Lingkungan dan Sumber Daya Alam (Terakreditasi Sinta 4)

Menyetujui,

Pembimbing I

TIM PENGUJI
1. Ketua

R. Kokoh Harvo Putro, S.T., M.T.
NIP. 19900905 201903 1 026

Dr. Aulia Ulfah Farahdiba, S.T., M.Sc.
NIP. 19890106 202406 2002

Pembimbing II

2. Anggota

Syadzadhiya Q. Z. Nisa', S.T., M.T.
NPT. 21219940930296

Aussle Amalla, S.T., M.Sc.
NPT. 172 1992 1124 059

Mengetahui,
Dekan Fakultas Teknik dan Sains
Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur

Prof. Dr. Dra. Jarivah, M.P.
NIP. 19650403 199103 2-001

LEMBAR REVISI

ANALISIS KARAKTERISTIK DAN KINERJA *POLYSULFIDE* *SORBENT* (PSS) BERBAHAN MINYAK GORENG BEKAS DAN BELERANG DALAM MENURUNKAN Cu^{2+}

Disusun Oleh:

Marissa Ariny
NPM 21034010048

Telah direvisi dan disahkan pada tanggal 22 Juni 2026

TIM PENILAI

KETUA

ANGGOTA

Dr. Aulia Ulfah Farahdiba, S.T., M.Sc.
NIP. 19890106 202406 2002

Aussie Amalia, S.T., M.Sc.
NPT. 172 1992 1124 059

SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Marissa Ariny
NPM : 21034010048
Program : Sarjana (S1) / ~~Magister (S2)~~ / ~~Doktor (S3)~~
Program Studi: Teknik Lingkungan
Fakultas : Teknik Dan Sains

Menyatakan bahwa dalam dokumen ilmiah ~~Tugas Akhir~~ Skripsi / ~~Tesis/Disertasi*~~ ini tidak terdapat bagian dari karya ilmiah lain yang telah diajukan untuk memperoleh gelar akademik di suatu lembaga Pendidikan Tinggi, dan juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang/lembaga lain, kecuali yang secara tertulis disitasi dalam dokumen ini dan disebutkan secara lengkap dalam daftar pustaka.

Dan saya menyatakan bahwa dokumen ilmiah ini bebas dari unsur-unsur plagiasi. Apabila dikemudian hari ditemukan indikasi plagiat pada Skripsi / ~~Tesis/Desertasi~~ ini, saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya tanpa ada paksaan dari siapapun juga dan untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Surabaya, Juni 2026

Yang Membuat Pernyataan,



Marissa Ariny
NPM. 21034010048

KATA PENGANTAR

Penulis senantiasa mengungkapkan rasa syukur kepada Tuhan Yang Maha Kuasa atas limpahan kebaikan dan karunia-Nya, yang memungkinkan penulis untuk menyelesaikan tesis yang berjudul “**Analisis Karakteristik dan Kinerja Polysulfide Sorbent (PSS) Berbahan Minyak Goreng Bekas dan Belerang dalam Menurunkan Cu^{2+}** ”. Skripsi ini dapat tersusun dengan baik atas bimbingan dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan rasa terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. Dra. Jariyah, M.P., selaku Dekan Fakultas Teknik dan Sains, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur
2. Firra Rosariawari, S.T., M.T., selaku Koordinator Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik dan Sains, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur
3. Raden Kokoh Haryo Putro, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing pertama Tugas Akhir yang senantiasa memberikan arahan dan bimbingan dalam penyusunan skripsi ini
4. Syadzadhiya Qothrunada Zakiyayasin Nisa', S.T., M.T., selaku dosen pembimbing kedua Tugas Akhir yang senantiasa memberikan masukan dan kritik dalam penyusunan skripsi ini
5. Seluruh Dosen dan Staff dari Program Studi Teknik Lingkungan yang telah memberikan ilmu baik dalam kelas maupun diluar kelas
6. Kedua orang tua dan keluarga besar penulis yang selalu memberikan doa dan dukungan baik secara moral maupun materiil

Penulis mengakui bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna dan masih memiliki kekurangan. Oleh karena itu, masukan dan rekomendasi dari semua pemangku kepentingan sangat diharapkan untuk meningkatkan dan memperluas skripsi ini.

Surabaya, 28 Mei 2026

Penulis

Daftar Isi

<i>COVER</i>	i
KATA PENGANTAR.....	ii
Daftar Isi	iii
Daftar Tabel.....	vi
Daftar Gambar.....	vii
ABSTRAK.....	xii
<i>ABSTRACT</i>	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Hipotesis Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	4
1.6 Ruang Lingkup.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Parameter Air	5
2.1.1 Tembaga (Cu).....	5
2.2 Adsorpsi	6
2.2.1 Definisi Adsorpsi	6
2.2.2 Jenis-jenis Adsorpsi	8
2.2.3 Isoterm Adsorpsi	9
2.3 <i>Polysulfide Sorbent (PSS)</i>	11
2.3.1 <i>Inverse Vulcanization (IV)</i>	12
2.3.2 Minyak Goreng Bekas (Minyak Jelantah)	15
2.3.3 Belerang (Sulfur)	17
2.4 Spektrofotometri Serapan Atom (SSA).....	18
2.5 <i>Scanning Electron Microscopy – Energy Dispersive X-ray (SEM-EDX)</i>	19
2.6 Penelitian Terdahulu.....	21
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	24
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian.....	24

3.2	Kerangka Penelitian	24
3.3	Alat dan Bahan.....	26
3.3.1	Bahan Penelitian	26
3.3.2	Alat Penelitian.....	26
3.4	Variabel Penelitian	27
3.4.1	Variabel Tetap.....	27
3.4.2	Variabel Bebas	27
3.4.3	Variabel Terikat	27
3.5	Mekanisme Kerja	28
3.5.1	Proses Pembuatan <i>Polysulfide Sorbent</i> (PSS).....	28
3.5.2	Pembuatan <i>Artificial Wastewater</i>	29
3.5.3	Penelitian utama.....	30
3.5.4	Pengujian Hasil Adsorpsi	31
3.5.5	Analisis Data	32
3.6	Matriks Penelitian	35
3.7	Jadwal Penelitian	36
3.8	Rencana Anggaran Biaya	36
	BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	39
4.1	Hasil Penelitian	39
4.1.1	Hasil Uji Pengaruh Variasi Waktu Kontak dan Konsentrasi Cu^{2+} terhadap Hasil Adsorpsi Optimum.....	39
4.1.2	Hasil Uji Efektivitas <i>Polysulfide Sorbent</i> (PSS) dalam Menurunkan Kadar Logam Berat Cu^{2+}	42
4.1.3	Hasil Uji Karakteristik Fisik <i>Polysulfide Sorbent</i> (PSS)	43
4.1.4	Hasil Perhitungan Kapasitas Adsorpsi <i>Polysulfide Sorbent</i> (PSS) melalui Pemodelan Isoterm Langmuir dan Freundlich serta Data Laju Kinetika.....	50
4.2	Pembahasan.....	53
4.2.1	Pengaruh Variasi Waktu Kontak dan Konsentrasi Cu^{2+} untuk Mendapatkan Hasil Adsorpsi Optimum Menggunakan <i>Polysulfide Sorbent</i> (PSS)	53
4.2.2	Efektivitas <i>Polysulfide Sorbent</i> (PSS) dalam Menurunkan Kadar Logam Berat Cu^{2+}	55
4.2.3	Karakteristik Fisik <i>Polysulfide Sorbent</i> (PSS).....	57
4.2.3.1	Karakteristik <i>Polysulfide Sorbent</i> (PSS) Sebelum Proses Adsorpsi	57

4.2.3.2 Karakteristik Polysulfide Sorbent (PSS) Sesudah Adsorpsi	61
4.2.4 Analisis Kapasitas Adsorpsi <i>Polysulfide Sorbent</i> (PSS) melalui Pemodelan Isoterm Langmuir dan Freundlich serta Laju Kinetika	63
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	67
5.1 Kesimpulan	67
5.2 Saran	68
Daftar Pustaka	69
Lampiran A	84
Lampiran B	103
Lampiran C	118

Daftar Tabel

Tabel 2.1 Baku Mutu Kadar Tembaga (Cu) Air Limbah Industri Pelapisan Logam Menurut Perda DIY No. 7 Tahun 2016	6
Tabel 2. 2 Penelitian Terdahulu	21
Tabel 3.1 Matriks Penelitian	35
Tabel 3.2 Jadwal Penelitian	36
Tabel 3. 3 RAB Penelitian.....	37
Tabel 4.1 Hasil Konsentrasi Akhir Cu^{2+} menggunakan Uji SSA	39
Tabel 4.2 Hasil Pengukuran pH Setelah Proses Adsorpsi.....	41
Tabel 4.3 Hasil Uji SEM-EDX Sebelum Proses Adsorpsi	44
Tabel 4.4 Hasil Uji SEM-EDX Sesudah Proses Adsorpsi	46
Tabel 4.5 Hasil Perhitungan Parameter Pemodelan Isoterm Langmuir dan Freundlich.....	52
Tabel 4.6 Rekapitulasi Nilai R^2 pada Berbagai Model Laju Kinetika (Waktu 0 - 120 Menit).....	52

Daftar Gambar

Gambar 2.1 Foto Produk Hasil Reaksi Minyak Goreng Kanola dan Sulfur . 11 dengan Variasi Berat Belerang yang Beragam 11 (Sumber: Worthington dkk., 2017)..... 11	11
Gambar 2.2 Tahapan Pembuatan <i>Polysulfide Sorbent</i> dan Variasi Ukuran ..12 Hasil Penggilingan <i>Polysulfide Sorbent</i>12	12
Gambar 2.3 Reaksi Ikatan Kimia antara Trigliserida yang Terkandung dalam Minyak Goreng Bekas dan Sulfur Membentuk <i>Polysulfide Sorbent</i>14	14
Gambar 2.4 Spektrofotometri Serapan Atom.....19	19
Gambar 2.5 <i>Scanning Electron Microscopy – Energy Dispersive X-ray</i>20	20
Gambar 3.1 Kerangka Penelitian25	25
Gambar 3.2 Alur Pembuatan <i>Polysulfide Sorbent</i> (PSS)28	28
Gambar 3.3 Uji <i>Jar Test Polysulfide Sorbent</i> (PSS)30	30
Gambar 4.1 Grafik Persentase Efektivitas Penyisihan Cu^{2+}42	42
Gambar 4.2 Bentuk rupa fisik <i>Polysulfide Sorbent</i> (PSS) (a) dihaluskan dengan mortar dan alu (b) dikeringkan pada oven43	43
Gambar 4.3 Hasil Uji SEM-EDX dan <i>Mapping Polysulfide Sorbent</i> (PSS) Sebelum Adsorpsi (a) FW: 519 μm , Mode: 15 kV - Point, Detector: BSD Full (b) FW: 104 μm , Mode: 15 kV - Point, Detector: BSD Full.....45	45
Gambar 4.5 Hasil Uji SEM-EDX dan <i>Mapping Polysulfide Sorbent</i> (PSS) Setelah Adsorpsi (a) FW: 519 μm , Mode: 15 kV - Point, Detector: BSD Full (b) FW: 104 μm , Mode: 15 kV - Point, Detector: BSD Full.....47	47
Gambar 4.4 Grafik Hasil Perhitungan Isoterm Langmuir.....51	51
Gambar 4.5 Grafik Hasil Perhitungan Isoterm Freundlich51	51
Gambar 4.6 Rantai ikatan kimia <i>Polysulfide Sorbent</i> (PSS) mengikat Cu^{2+} membentuk rantai ikatan Cu-S di permukaan PSS.....59	59
Gambar 4.7 Bentuk ikatan kimia (a) CuSiO_3 dan (b) $\text{CuSiO}_3(\text{OH})_2$60	60

ABSTRAK

Karena toksisitasnya dan potensinya untuk menumpuk dalam rantai makanan, kontaminasi logam berat dalam air merupakan masalah lingkungan yang besar. Tembaga (Cu^{2+}) adalah salah satu logam berat yang sering ditemukan dalam air limbah dan dapat membahayakan ekosistem perairan dan kesehatan manusia dalam jumlah tinggi. Oleh karena itu, untuk menurunkan jumlah Cu^{2+} dalam air, diperlukan teknik pengolahan yang efisien. Salah satu alternatif yang potensial adalah penggunaan adsorben berbasis limbah, seperti *Polysulfide Sorbent* (PSS) yang disintesis dari minyak goreng bekas dan belerang melalui proses *inverse vulcanization*. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis karakteristik serta kinerja PSS dalam menurunkan konsentrasi Cu^{2+} pada air limbah buatan dengan menggunakan massa PSS yang lebih tinggi dari penelitian sebelumnya. Metode penelitian dilakukan secara *batch* menggunakan alat *jar test* dengan massa adsorben 7 g/L pada pH 6. Variasi yang digunakan meliputi konsentrasi awal Cu^{2+} sebesar 2, 3, 4, dan 5 mg/L serta waktu kontak 40, 80, 120 dan 160 menit. Uji hasil adsorpsi untuk konsentrasi Cu^{2+} dilakukan menggunakan Spektrofotometri Serapan Atom (AAS), sedangkan karakteristik adsorben diuji menggunakan SEM-EDX. Data adsorpsi kemudian dianalisis menggunakan analisis ANOVA *One-Way*, model isoterm Langmuir dan Freundlich serta laju kinetika adsorpsi. Melalui penelitian ini hasil penyisihan Cu^{2+} paling efektif, berdasarkan prinsip signifikansi statistik ANOVA dan efisiensi penggunaan material, yang didapatkan yakni sebesar 76%, pada menit ke-120 dengan konsentrasi awal Cu^{2+} sebesar 4 mg/L. Penambahan waktu kontak hingga menit ke-160 justru tidak efektif dan dapat menyebabkan PSS mengalami kesetimbangan baru (*re-equilibration*). Perlakuan variasi konsentrasi awal Cu^{2+} tidak menunjukkan perbedaan hasil satu sama lain dikarenakan rentangnya yang kecil dan PSS telah mengalami saturasi lebih awal. Hasil uji karakteristik dengan SEM-EDX menunjukkan bahwa PSS memiliki kandungan sulfur yang tinggi sebesar 85,4 wt% yang berfungsi sebagai situs aktif dalam mengikat ion Cu^{2+} , dan setelah dilakukan adsorpsi terdapat kandungan Cu sebesar 1,702 wt% pada permukaan adsorben, yang menandakan keberhasilan proses penjerapan. Dengan kapasitas adsorpsi maksimum hanya 0,554 mg/g, pemodelan isoterm Langmuir maupun Freundlich tidak representatif karena nilai R^2 keduanya jauh dari nilai 1. Laju kinetika orde nol merupakan model laju yang paling representatif. Hal ini menunjukkan bahwa kondisi sistem eksperimental proses adsorpsi menentukan kinerja PSS. Berdasarkan temuan ini, *Polysulfide Sorbent* (PSS) yang berasal dari sulfur dan minyak goreng bekas, berpotensi menjadi adsorben alternatif untuk menurunkan kadar Cu^{2+} , dengan syarat memperhatikan variabel penelitian yang tepat untuk dipilih.

Kata kunci: adsorpsi, Cu^{2+} , polysulfide sorbent, minyak goreng bekas, logam berat.

ABSTRACT

In food chain system, heavy metal contamination in water is a major environmental problem. Copper (Cu^{2+}) is one of the heavy metals frequently found in wastewater and can harm aquatic ecosystems and human health in high concentrations. Therefore, to reduce the amount of Cu^{2+} in water, efficient treatment techniques are needed. One potential alternative is the use of waste-based adsorbents, such as Polysulfide Sorbent (PSS) synthesized from used cooking oil and sulfur through an inverse vulcanization process. This study aims to analyze the characteristics and performance of PSS in reducing Cu^{2+} concentrations in artificial wastewater using a higher PSS mass than previous studies. The research method was carried out in batches using a jar test apparatus with an adsorbent mass of 7 g/L at pH 6. Variations used included initial Cu^{2+} concentrations of 2, 3, 4, and 5 mg/L and contact times of 40, 80, 120, and 160 minutes. The adsorption test for Cu^{2+} concentration was carried out using Atomic Adsorption Spectrophotometry (AAS), while the adsorbent characteristics were tested using SEM-EDX. The adsorption data were then analyzed using One-Way ANOVA analysis, Langmuir and Freundlich isotherm models, and the adsorption kinetics rate. Through this study, the most effective Cu^{2+} removal results, based on the principles of ANOVA statistical significance and material usage efficiency, were obtained at 76%, at the 120th minute with an initial Cu^{2+} concentration of 4 mg/L. Increasing the contact time up to the 160th minute was ineffective and could cause the PSS to experience a new equilibrium (re-equilibration). The treatment of variations in the initial Cu^{2+} concentration did not show any differences in results from each other due to the small range and the PSS had experienced saturation earlier. The results of the characteristic test with SEM-EDX showed that PSS has a high sulfur content of 85.4 wt% which functions as an active site in binding Cu^{2+} ions, and after adsorption there is a Cu content of 1.702 wt% on the adsorbent surface, which indicates the success of the adsorption process. With a maximum adsorption capacity of only 0.554 mg/g, neither the Langmuir nor the Freundlich isotherm models are representative, as the R^2 values for both are far from 1. The zero-order kinetic rate model is the most representative rate model. This indicates that the conditions of the experimental adsorption system determine the performance of the PSS. Based on these findings, Polysulfide Sorbent (PSS), derived from sulphur and used cooking oil, has the potential to serve as an alternative adsorbent for reducing Cu^{2+} concentrations, provided that the appropriate research variables are selected.

Keywords: adsorption, Cu^{2+} , polysulfide sorbent, used cooking oil, heavy metals.