

LAPORAN HASIL PENELITIAN

**“REMOVAL ION Pb^{2+} DARI LARUTAN $Pb(NO_3)_2$ MENGGUNAKAN
GEOPOLIMER BERBASIS ABU SEKAM PADI DAN METAKAOLIN”**



DISUSUN OLEH:

FATIKHAH CAHYANI

NPM. 21031010029

PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA

FAKULTAS TEKNIK DAN SAINS

UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL “VETERAN” JAWA TIMUR

SURABAYA

2026

**REMOVAL ION Pb^{2+} DARI LARUTAN $Pb(NO_3)_2$ MENGGUNAKAN
GEOPOLIMER BERBASIS ABU SEKAM PADI DAN METAKAOLIN**

Skripsi

Digunakan untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan dalam Memperoleh Gelar

Sarjana Teknik

Program Studi Teknik Kimia



DISUSUN OLEH:

FATIKHAH CAHYANI

NPM. 21031010029

**PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNIK DAN SAINS
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN" JAWA TIMUR
SURABAYA**

2026

**LEMBAR PENGESAHAN
LAPORAN HASIL PENELITIAN**

**“REMOVAL ION Pb^{2+} DARI LARUTAN $Pb(NO_3)_2$ MENGGUNAKAN
GEOPOLIMER BERBASIS ABU SEKAM PADI DAN METAKAOLIN”**

DISUSUN OLEH:
FATIKHAH CAHYANI
NPM. 21031010029

**Telah dipertahankan, dihadapkan dan diterima oleh Tim Penguji
Pada tanggal : 18 Mei 2026**

Dosen Penguji

1.



Ir. Caecilia Pujiastuti, M.T.

2.



Ir. Ketut Sumada, M.S.

Dosen Pembimbing

1.



Prof. Dr. Ir. Srie Muljani, M.T.

Mengetahui

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



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



Laporan Hasil Penelitian

"Removal Ion Pb^{2+} dari Larutan $Pb(NO_3)_2$ Menggunakan Geopolimer Berbasis Abu Sekam Padi dan Metakaolin"

LEMBAR PENGESAHAN
LAPORAN HASIL PENELITIAN

**"REMOVAL ION Pb^{2+} DARI LARUTAN $Pb(NO_3)_2$ MENGGUNAKAN
GEOPOLIMER BERBASIS ABU SEKAM PADI DAN METAKAOLIN"**

Disusun Oleh :

Fatikhah Cahyani

21031010029

Penelitian ini telah diperiksa dan disetujui oleh

Dosen Pembimbing

Prof. Dr. Ir. Srie Muljani, M.T.

NIP. 19611112 198903 2 001



KETERANGAN REVISI

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : 1. Fatikhah Cahyani 21031010029
2. Della Arthamevia 21031010035

Jurusan : Teknik Kimia

Telah mengerjakan revisi/~~tidak ada revisi~~*) ~~Proposal/Skripsi/Kerja Praktek~~, dengan judul :

"REMOVAL ION Pb^{2+} DARI LARUTAN $Pb(NO_3)_2$ MENGGUNAKAN GEOPOLIMER BERBASIS ABU SEKAM PADI DAN METAKAOLIN"

Surabaya, 2 Juni 2026

Dosen Penguji yang memerintahkan revisi :

1. Ir. Caecilia Pujiastuti, M.T.
NIP. 19630305 198803 2 001

()

2. Ir. Ketut Sumada, M.S.
NIP. 19620118 198803 1 001

()

Mengetahui

Dosen Pembimbing



Prof. Dr. Ir. Srie Muljani, M.T.

NIP. 19611112 198903 2 001

SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Fatikhah Cahyani
NPM : 21031010029
Program : S1
Program Studi : Teknik Kimia
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/Disertasi 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, 2 Juni 2026

Membuat pernyataan



Nama : Fatikhah Cahyani

NPM : 21031010029



INTISARI

Pencemaran logam berat, khususnya ion Pb^{2+} menjadi salah satu permasalahan lingkungan yang memerlukan metode pengolahan yang efektif dan ramah lingkungan. Geopolimer berbasis abu sekam padi dan metakaolin berpotensi digunakan sebagai adsorben karena memiliki struktur aluminosilikat yang mampu mengikat ion logam. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan geopolimer berbasis abu sekam padi dan metakaolin dalam removal ion Pb^{2+} serta pengaruh variasi rasio mol Si/Al (3-4,2) dan konsentrasi larutan NaOH (8-12 M) terhadap efisiensi removal dan kapasitas adsorpsinya. Sintesis geopolimer dilakukan dengan mencampurkan abu sekam padi dan metakaolin sesuai variasi rasio mol Si/Al menggunakan larutan NaOH sebagai aktivator alkali. Campuran diaduk menggunakan magnetic stirrer pada kecepatan 150 rpm selama 30 menit hingga terbentuk pasta homogen. Kemudian dicetak, didiamkan selama 1 hari pada suhu ruang, dan dilakukan curing pada suhu $60^{\circ}C$ selama 24 jam. Selanjutnya, dilakukan curing kedua dengan cara didiamkan selama 7 hari pada suhu ruang. Setelah itu, dicuci dengan aquadest hingga pH netral dan dikeringkan pada suhu $100^{\circ}C$ selama 4 jam serta dihaluskan hingga lolos ayakan 200 mesh. Pengujian adsorpsi dilakukan menggunakan larutan $Pb(NO_3)_2$ berkonsentrasi 200 ppm, sedangkan karakterisasi geopolimer optimum dilakukan menggunakan FTIR dan SEM-EDX. Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan rasio mol Si/Al meningkatkan efisiensi removal dan kapasitas adsorpsi ion Pb^{2+} . Sementara itu, peningkatan konsentrasi NaOH meningkatkan kemampuan adsorpsi hingga konsentrasi optimum, namun pada konsentrasi yang lebih tinggi kemampuan adsorpsi menurun akibat pembentukan struktur geopolimer yang kurang mendukung proses adsorpsi. Kondisi optimum adsorpsi diperoleh pada rasio mol Si/Al sebesar 4,2 dan konsentrasi NaOH 10 M dengan kapasitas adsorpsi sebesar 7,94 mg/g dan efisiensi removal mencapai 99,83%. Karakterisasi geopolimer optimum menunjukkan adanya perubahan morfologi, komposisi unsur, dan struktur kimia setelah proses adsorpsi. Hasil analisis EDX menunjukkan terdeteksinya unsur



Laporan Hasil Penelitian

“Removal Ion Pb^{2+} dari Larutan $Pb(NO_3)_2$ Menggunakan Geopolimer Berbasis Abu Sekam Padi dan Metakaolin”

Pb sebesar 19,24% serta penurunan kadar Na dari 13,83% menjadi 4,08%, sedangkan hasil FTIR menunjukkan adanya pergeseran pita Si–O–T setelah adsorpsi. Hasil karakterisasi tersebut mengindikasikan bahwa removal ion Pb^{2+} oleh geopolimer diduga berlangsung melalui mekanisme pertukaran ion dan interaksi antara ion Pb^{2+} dengan gugus aktif pada struktur aluminosilikat geopolimer. Hasil penelitian menunjukkan bahwa geopolimer berbasis abu sekam padi dan metakaolin berpotensi sebagai adsorben yang efektif untuk removal ion Pb^{2+} .



Laporan Hasil Penelitian

“Removal Ion Pb^{2+} dari Larutan $Pb(NO_3)_2$ Menggunakan Geopolimer Berbasis Abu Sekam Padi dan Metakaolin”

KATA PENGANTAR

Puji syukur penyusun ucapkan kepada Tuhan yang Maha Esa, karena nikmat dan rahmat-Nya, sehingga penyusun dapat menyelesaikan laporan hasil penelitian dengan judul “Removal Ion Pb^{2+} dari Larutan $Pb(NO_3)_2$ Menggunakan Geopolimer Berbasis Abu Sekam Padi dan Metakaolin”. Penelitian ini merupakan salah satu syarat yang harus dipenuhi oleh mahasiswa tingkat akhir sebelum dinyatakan lulus sebagai Sarjana Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik dan Sains, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur. Terima kasih sebesar-besarnya penyusun tujukan kepada semua pihak yang telah membantu penelitian hingga tersusunnya laporan ini, terutama kepada:

1. Dr. Ir. Sintha Soraya Santi, M.T selaku Ketua Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik dan Sains, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur
2. Prof. Dr. Ir. Srie Muljani, M.T. selaku Dosen pembimbing dalam penelitian ini
3. Ir. Caecilia Pujiastuti, M.T. selaku Dosen Penguji dalam penelitian ini.
4. Ir. Ketut Sumada, M.S. selaku Dosen Penguji dalam penelitian ini
5. Kedua orang tua yang telah memberikan dukungan baik secara materil maupun nonmaterial

Penyusun mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya atas segala bantuan dan fasilitas yang telah diberikan. Penyusun menyadari masih banyak kekurangan pada penyusunan laporan hasil penelitian ini. Oleh karena itu, penyusun mengharap saran dan kritik yang membangun atas laporan ini.

Surabaya, 07 Februari 2024

Penyusun



DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
KETERANGAN REVISI.....	ii
INTISARI.....	iii
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL.....	xi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
I.1 Latar Belakang.....	1
I.2 Tujuan	2
I.3 Manfaat	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	4
II.1 Tinjauan Umum.....	4
II.1.1 Geopolimer	4
II.1.2 Macam Struktur Geopolimer.....	5
II.1.3 Adsorben.....	6
II.1.4 Macam-macam Adsorben.....	7
II.1.5 Silika.....	7
II.1.6 Struktur Silika.....	8
II.1.7 Sifat Fisiko - Kimia Silika.....	8
II.1.8 Aluminium Oksida (Alumina).....	8
II.1.9 Struktur Aluminium Oksida (Alumina)	9
II.1.10 Sifat Fisiko - Kimia Aluminium Oksida (Alumina).....	9
II.1.11 Sekam Padi	10



II.1.12 Metakaolin.....	11
II.1.13 Aktivator.....	11
II.1.14 Logam Berat	12
II.1.15 Karakteristik Adsorben.....	13
II.2 Landasan Teori	14
II.2.1 Pengabuan.....	14
II.2.2 Aktivasi	15
II.2.3 Geopolimerisasi.....	16
II.2.4 Curing	19
II.2.5 Mekanisme Adsorpsi pada Geopolimer	19
II.2.6 Evaluasi Kinerja Adsorben.....	20
II.2.7 Metode X-Ray Fluorescence (XRF).....	21
II.2.8 Metode Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS).....	21
II.2.9 Metode Scanning Electron Microscope – Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy (SEM-EDX).....	22
II.2.10 Metode Fourier Transform Infrared (FTIR)	22
II.2.11 Faktor - Faktor	23
II.3 Hipotesis	26
BAB III METODE PENELITIAN.....	27
III.1 Bahan.....	27
III.2 Alat.....	27
III.2.1 Rangkaian Alat.....	27
III.3 Kondisi Penelitian	28
III.4 Prosedur Penelitian.....	28



III.4.1 Tahap Preparasi Sampel (Basri et al., 2021)	28
III.4.2 Tahap Sintesis Geopolimer	28
III.4.3 Tahap Pengujian Adsorben Geopolimer (Andayani, 2020)	29
III.5 Diagram Alir	30
III.5.1 Tahap Preparasi Sampel	30
III.5.2 Tahap Sintesis Geopolimer Sebagai Adsorben	31
III.5.3 Tahap Pengujian Adsorben Geopolimer	32
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	33
IV.1 Karakterisasi XRF Bahan Baku	33
IV.2 Karakterisasi Adsorben	35
IV.2.1 Karakterisasi SEM EDX	35
IV.2.2 Karakterisasi FTIR	38
IV.3 Pengaruh Rasio Mol Si/Al dan Konsentrasi NaOH terhadap pH Filtrat Adsorpsi	43
IV.3.1 Pengaruh Rasio Si/Al terhadap pH Filtrat Adsorpsi	45
IV.3.2 Pengaruh Konsentrasi NaOH terhadap pH Filtrat Adsorpsi	45
IV.3.3 Hubungan Interaktif antara Rasio mol Si/Al dan Konsentrasi NaOH terhadap pH Filtrat Adsorpsi	46
IV.4 Analisis Kinerja Adsorben Geopolimer terhadap Ion Pb^{2+}	48
IV.4.1 Pengaruh Rasio Mol Si/Al terhadap Kapasitas Adsorpsi (q_e)	49
IV.4.2 Pengaruh Konsentrasi NaOH terhadap Kapasitas Adsorpsi (q_e)	51
IV.5 Mekanisme Adsorpsi Geopolimer	52
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	55
V.1 Kesimpulan	55
V.2 Saran	56



Laporan Hasil Penelitian

“Removal Ion Pb^{2+} dari Larutan $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ Menggunakan Geopolimer Berbasis Abu Sekam Padi dan Metakaolin”

DAFTAR PUSTAKA	57
APPENDIX	65
LAMPIRAN	72



DAFTAR GAMBAR

Gambar II. 1 Konfigurasi Tetrahedral Sialate Si-O-Al-O.....	4
Gambar II. 2 Macam Struktur Geopolimer	6
Gambar III. 1 Rangkaian Alat Sintesis Geopolimer	27
Gambar III. 2 Diagram alir preparasi sampel.....	30
Gambar III. 3 Diagram alir sintesis geopolimer sebagai adsorben	32
Gambar III. 4 Diagram alir proses pengujian adsorben geopolimer.....	32
Gambar IV. 1 Hasil Analisis SEM (a) Geopolimer sebelum adsorpsi (b) Geopolimer sesudah adsorpsi.....	35
Gambar IV. 2 Hasil Pemetaan Unsur (a) geopolimer sebelum adsorpsi (b) geopolimer setelah adsorpsi	36
Gambar IV. 3 Hasil Analisis FTIR	39
Gambar IV. 4 Grafik Hubungan Interaktif antara Rasio Mol Si/Al dan Konsentrasi NaOH terhadap pH Filtrat Adsorpsi	44
Gambar IV. 5 Pengaruh Rasio Mol Si/Al terhadap Kapasitas Adsorpsi.....	49
Gambar IV. 6 Pengaruh konsentrasi NaOH terhadap kapasitas adsorpsi	51



DAFTAR TABEL

Tabel II. 1 Kandungan Abu Sekam Padi.....	10
Tabel IV. 1 Komposisi Metakaolin dan Abu Sekam Padi	33
Tabel IV. 2 Tabel Hasil Analisis EDX.....	36
Tabel IV. 3 Hasil Analisis FTIR	39
Tabel IV. 4 Nilai pH filtrat setelah proses adsorpsi	43
Tabel IV. 5 Hasil Perhitungan kapasitas dan efisiensi adsorpsi.....	49