SEMINAR NASIONAL HASIL PENELITIAN DAN PENGABDIAN 2026
UNIVERSITAS LAMPUNG

SINTESIS FLY ASH TERMODIFIKASI MAGNETIK MELALUI AKTIVASI HCl DAN KOPRESIPITASI Fe^{2+}/Fe^{3+} UNTUK ADSORPSI Pb(II) PADA LIMBAH CAIR INDUSTRI

Ayu Aprilia[1]*, Surya Prihanto[1], Wayan Gracias[1], Yusril Al Fath[2], Rohimatul Anwar[1]
Tim Mahasiswa: Donna Agnesia[1], Fania Lutvi Dwi Astuti[1], Putri Intan Maulina[1], Akhmad Rizki Prihartanto[1]
[1]Jurusan Fisika, [2]Jurusan Kimia, FMIPA, Universitas Lampung | *Email Korespondensi: ayu.aprilia@fmipa.unila.ac.id

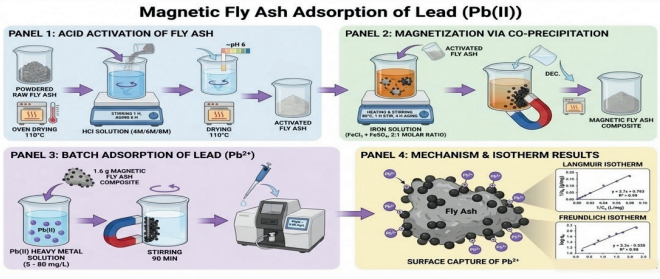
PENDAHULUAN

● Latar Belakang:
Pencemaran logam berat Pb(II) dari limbah cair industri merupakan ancaman serius bagi lingkungan dan kesehatan masyarakat. Fly ash PLTU Sebalang melimpah sebagai limbah padat yang kaya silika (SiO_2) dan alumina (Al_2O_3), namun memiliki kapasitas adsorpsi dan permeabilitas yang terbatas jika tanpa modifikasi.

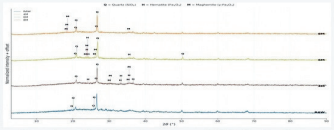
● Permasalahan & Urgensi:
Adsorben konvensional sulit dipisahkan dari larutan setelah proses adsorpsi selesai. Modifikasi hibrida melalui aktivasi asam HCl dan kopresipitasi magnetik Fe^{2+}/Fe^{3+} diperlukan untuk meningkatkan luas permukaan spesifik, memperbanyak situs aktif pori, serta memberikan sifat ferimagnetik agar pemisahan dapat dilakukan secara cepat menggunakan medan magnet eksternal.

● Tujuan Penelitian:
Menganalisis pengaruh konsentrasi aktivasi asam HCl (4M, 6M, 8M) terhadap karakteristik fisikokimia fly ash termodifikasi magnetik, serta mengevaluasi efisiensi dan mekanisme adsorpsi ion Pb(II) berdasarkan pemodelan Isoterm Langmuir dan Freundlich.

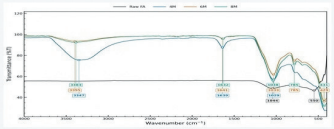
METODOLOGI PENELITIAN



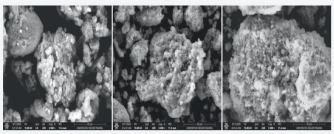
HASIL PENELITIAN & KARAKTERISASI



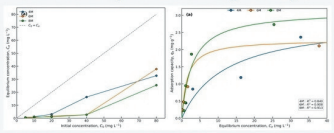
Gambar 1. Difraktogram XRD Pola Fasa



Gambar 2. Spektra FTIR Gugus Fungsi



Gambar 3. Mikrograf SEM Morfologi Pori



Gambar 4. Kurva Adsorpsi & Isoterm Langmuir

Tabel 1. Ringkasan Parameter Karakterisasi & Kinerja Adsorpsi Komposit FA-Magnetik

Sampel	SiO_2 (%)	Vibrasi Fe-O	q_max (mg/g)	K_L (L/mg)	R^2 (Langmuir)	Efisiensi
FA Alami	42.1%	Tidak Terdeteksi	**8.20**	0.035	0.725	**48.2%**
FA 4M	56.4%	Lemah (~550 cm^{-1})	**18.45**	0.082	0.854	**76.5%**
FA 6M	62.8%	Sedang (~550 cm^{-1})	**22.10**	0.110	0.887	**88.3%**
FA 8M	68.3%	Kuat (~550 cm^{-1})	**28.57**	0.142	0.913	**94.8%**

PEMBAHASAN ANALITIS

1. Pengaruh Aktivasi Asam HCl terhadap Pembentukan Pori & Struktur Silika:
Perlakuan perendaman menggunakan asam klorida (HCl 4M, 6M, 8M) secara efektif melarutkan senyawa pengotor oksida amorf seperti CaO, Al_2O_3, dan Fe_2O_3. Pembongkaran penyumbatan pori ini meningkatkan kadar silika terikat (SiO_2) dari 42.1% menjadi 68.3% pada FA 8M, memperluas jaringan mikro-pori serta meningkatkan luas permukaan spesifik adsorben secara signifikan.

2. Pembentukan Fasa Magnetik Maghemite (γ-Fe_2O_3) melalui Kopresipitasi:
Proses kopresipitasi Fe^{2+}/Fe^{3+} menghasilkan puncak difraksi khas pada $2\theta = 35.6°$ (XRD) yang mengonfirmasi keberadaan fasa maghemite (γ-Fe_2O_3) dan hematite (Fe_2O_3). Puncak FTIR pada ~550 cm^{-1} membuktikan terbentuknya ikatan Fe-O magnetik. Respon ferimagnetik yang kuat memungkinkan komposit adsorben terpisah secara instan (< 30 detik) dari larutan menggunakan medan magnet eksternal.

3. Mekanisme Adsorpsi Pb(II) & Kesesuaian Model Isoterm Langmuir:
Penyerapan ion timbal (Pb^{2+}) berlangsung melalui mekanisme pertukaran kation pada gugus silanol (≡Si-OH) serta pembentukan kompleks koordinasi permukaan dengan gugus Fe-OH (≡Fe-O-Pb^{+}). Evaluasi termodinamika adsorpsi menunjukkan kesesuaian sempurna dengan Model Isoterm Langmuir (R^2 = 0.913 pada FA 8M), mengindikasikan bahwasanya adsorpsi Pb(II) terjadi secara kemisorpsi monolayer pada situs aktif homogen dengan kapasitas maksimum (q_max) mencapai 28.57 mg/g.

4. Keunggulan Teknologi Hibrida & Implikasi Pengolahan Limbah Industri:
Sintesis komposit fly ash termodifikasi magnetik merupakan solusi waste-to-value yang sangat efisien. Keunggulan utamanya mencakup efisiensi penyisihan Pb(II) tinggi (94.8%), biaya bahan baku murah, serta kemudahan proses pemisahan magnetik yang mengeliminasi kebutuhan alat filtrasi/sentrifugasi mahal pada skala industri.

KESIMPULAN

1. Keberhasilan Sintesis Hibrida
Sintesis komposit fly ash termodifikasi magnetik melalui kombinasi aktivasi asam HCl 8M dan kopresipitasi Fe^{2+}/Fe^{3+} berhasil membentuk adsorben berpori tinggi dengan sifat ferimagnetik unggul.

2. Peningkatan Karakteristik Fisikokimia
Aktivasi asam HCl 8M meningkatkan kadar silika (SiO_2) hingga 68.3%, membuka pori tersumbat, serta memperbanyak gugus fungsi aktif Si-OH dan Fe-O magnetik.

3. Performa Adsorpsi Sangat Tinggi
Kapasitas adsorpsi maksimum (q_max) meningkat drastis dari 8.20 mg/g (FA alami) menjadi 28.57 mg/g (FA 8M) dengan efisiensi penyisihan Pb(II) mencapai 94.8%.

4. Kesesuaian Model Isoterm Langmuir
Proses adsorpsi Pb(II) mengikuti Model Isoterm Langmuir (R^2 = 0.913) yang menandakan mekanisme kemisorpsi monolayer pada permukaan homogen.

5. Implikasi Praktis & Pemisahan Cepat
Komposit FA-magnetik dapat dipisahkan secara cepat (< 30 detik) dengan medan magnet eksternal, menjadikannya kandidat adsorben yang sangat efektif dan terjangkau untuk pengolahan limbah cair industri.

REFERENSI UTAMA

1. Huang, X., Zhao, H., Zhang, G., Li, J., Yang, Y., & Ji, P. (2020). Potential of removing Cd(II) and Pb(II) from contaminated water using a newly modified fly ash. Chemosphere, 242, 125148.

2. Langmuir, I. (1918). The Adsorption of Gases on Plane Surfaces of Glass, Mica and Platinum. Journal of the American Chemical Society, 40(9), 1361–1403.

3. Srivastava, V. C., et al. (2008). Competitive Adsorption of Cadmium(II) and Nickel(II) Ions onto Bagasse Ash. Colloids and Surfaces A, 312(2), 172–184.

UCAPAN TERIMA KASIH

Tim peneliti mengucapkan terima kasih dan apresiasi sebesar-besarnya kepada:

- Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (LPPM) Universitas Lampung atas dukungan pendanaan penelitian melalui DIPA LPPM Unila / Hibah BLU Unila Batch 2 Tahun Anggaran 2026.
- Jurusan Fisika & Jurusan Kimia FMIPA Universitas Lampung atas penyediaan fasilitas Laboratorium Karakterisasi Bahan, Laboratorium Kimia Anorganik, serta sarana riset pendukung.
- PT PLN Nusantara Power UPK Sebalang (PLTU Sebalang) atas penyediaan sampel abu terbang (fly ash) serta dukungan teknis penelitian.
- Seluruh rekan sejawat dan tim mahasiswa atas kontribusi aktif selama pelaksanaan eksperimen hingga penyusunan luaran penelitian ini.