

SINTESES DAN KARAKTERISASI Fe⁰ UNTUK REMEDIASI LINDI

Yustinus Purwamargapratala

Pusat Teknologi Bahan Industri Nuklir (PTBIN) - BATAN
Kawasan Puspiptek, Serpong 15314, Tangerang Selatan
e-mail: pratala_yustinus@yahoo.com

ABSTRAK

SINTESES DAN KARAKTERISASI Fe⁰ UNTUK REMEDIASI LINDI. Telah dilakukan penelitian sintesis dan karakterisasi Fe⁰ untuk remediasi lindi. Fe⁰ disintesis dengan mereduksi besi klorida menggunakan sodium borohidrat pada media yang dialiri gas nitrogen. Serbuk yang didapatkan dikarakterisasi menggunakan *Particles Size Analysis (PSA)*, *X-Ray Diffractometer (XRD)*, dan *Scanning Electron Microscope (SEM)*. Sampel lindi dari tempat pembuangan sampah akhir dianalisis dengan spektrofotometer serapan atom *Atomic Analysis Spectrofotometer (AAS)* sebelum dan setelah direaksikan dengan Fe⁰ hasil sintesis. Hasil karakterisasi menunjukkan bahwa terbentuk partikel Fe⁰ dengan ukuran 215 nm (90,7%) dan 1362 (9,3%), pola difraksi sinar-X menunjukkan adanya fasa dominan Fe pada $2\theta = 44,7^\circ$. Hasil observasi SEM menunjukkan bahwa Fe⁰ sangat reaktif dan mudah teroksidasi. Efektifitas adsorpsi Fe⁰ hasil pengukuran menggunakan AAS untuk tembaga, kadmium, kromium, timbal, dan arsen sebesar 80% hingga 99 %.

Kata kunci: Fe⁰, Remediasi, Lindi

ABSTRACT

SYNTHESIS AND CHARACTERIZATION OF Fe⁰ LEACHATE REMEDIATION. Research of the synthesis and characterization of Fe⁰ leachate remediation has been done. Fe⁰ synthesized by the reduction of ferric chloride using sodium borohidrate the media fed nitrogen gas. The resulting powder obtained were characterized by particles size analysis (PSA), X-ray diffraction (XRD) and scanning electron microscope (SEM). Samples of leachate from the landfill were analyzed by atomic absorption spectrophotometer (AAS) before and after treated with Fe⁰ synthesis. Characterization results indicate that formed Fe⁰ particles with size 215 nm (90.7%) and 1362 nm (9.3%), X-ray diffraction patterns indicate the presence of dominant Fe phase at $2\theta = 44.7^\circ$. The results of SEM observation showed that Fe⁰ is very reactive and easily oxidized. Effectiveness Fe⁰ adsorption measurements using AAS for copper, cadmium, chromium, lead, and arsenic between 80-99%.

Keywords: Fe⁰, Remediation, Leachate

PENDAHULUAN

Fe⁰ (*Zero-Valent Iron*) merupakan bahan yang berpotensi sangat efektif untuk remediasi ion kontaminan. Penelitian laboratorium menunjukkan bahwa Fe⁰ dapat digunakan dalam remediasi methanes terklorinasi, ethanes, benzen, dan *biphenyl polychlorinate*. Faktor-faktor yang berpengaruh dalam penggunaan Fe⁰ adalah reaktivitas, ukuran partikel, jumlah luas permukaan reaktif, katalis hidrogenasi (misalnya, paladium), morfologi struktur (porositas) partikel dan kristalinitas kontaminan.

Ukuran materi berpengaruh terhadap reaktifitas dan distribusi materi tersebut pada suatu media. *Nanosains* mengklasifikasi ukuran atom, partikel dan bahan terkondensasi seperti diperlihatkan pada Tabel 1.

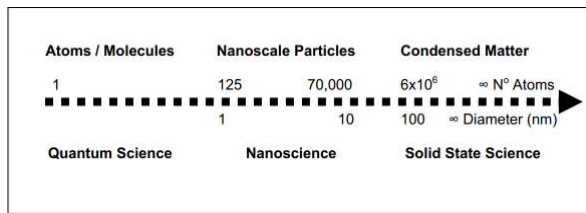
Pemanfaatan partikel Fe⁰ berukuran nano, *nano zerovalent iron (NZVI)* atau kombinasi dari bimetal *NZVI* dalam remediasi lingkungan sangat menarik untuk

dipelajari khususnya dalam penanganan ion logam berat (Cr⁶⁺, Hg²⁺, Cd²⁺) dan anion NO₂. Nitrat memiliki stabilitas kimia tinggi, terutama pada konsentrasi rendah yang dapat berubah menjadi ion nitrit yang berbahaya bagi kesehatan manusia termasuk kanker dan methemoglobinemia [2].

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan terhadap komposisi kandungan lindi, terlihat unsur yang terlarut di dalamnya sangat kompleks. Lindi mengandung unsur-unsur logam berat seperti Pb, Cd, As, Mn, Cu dan Fe serta bahan yang bersifat organik misalnya senyawa khlor, nitrat, peptisida, herbisida dan zat-zat lain yang membahayakan kesehatan manusia [3-5].

Dalam penelitian ini dilakukan sintesis dan karakterisasi Fe⁰ yang diharapkan dalam skala ukuran nano, aplikasi hasil sintesis tersebut pada sampel lindi tempat pembuangan akhir sampah.

Tabel 1. Klasifikasi ukuran atom/ molekul, partikel, dan bahan terkondensasi [1]



METODE PERCOBAAN

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah besi III klorida, sodium borohidrat, *aquadest*, gas nitrogen, dan etanol. Peralatan yang digunakan adalah *Particle Size Analysis (PSA)*, *X-Ray Diffractometer (XRD)*, *Scanning Electron Microscope (SEM)*, *Atomic Analysis Spectrofotometer (AAS)* dan peralatan gelas.

Cara Kerja

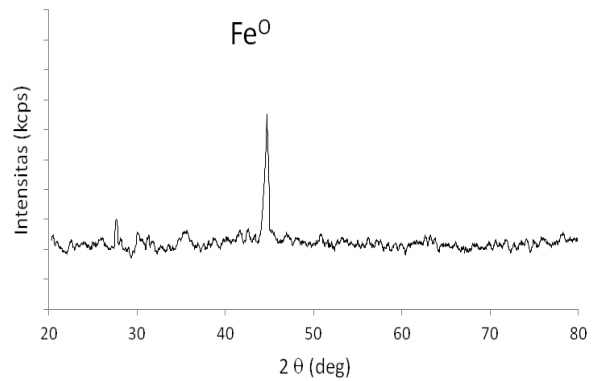
Aquadest sebanyak 500 mL dialiri gas nitrogen selama 4 jam, untuk penghilangan kandungan oksigen terlarut, sambil dilakukan pengadukan menggunakan *magnetic stirrer*, kemudian dibagi menjadi dua bagian. Sebanyak 7,3 gram besi III klorida dan 8,9 gram sodium borohidrat masing-masing dilarutkan menggunakan 250 mL *aquadest* tersebut. Kedua larutan direaksikan dengan penambahan sedikit demi sedikit sampai tidak terbentuk endapan lagi. Endapan dipisahkan dari larutan dan dicuci menggunakan etanol. Serbuk yang dihasilkan digunakan untuk remediasi ion-ion logam pada lindi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil sintesis Fe⁰ ditunjukkan pada Gambar 1, endapan yang terjadi berwarna hitam dan bersifat magnetik sehingga bisa dipisahkan dari larutannya menggunakan magnet permanen. Endapan dicuci menggunakan etanol untuk mencegah oksidasi, pembentukan besi oksida.



Gambar 1. Fe⁰ hasil sintesis

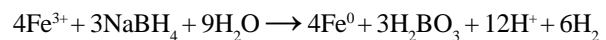


Gambar 2. Pola difraksi sinar-X endapan hasil sintesis

Analisis menggunakan difraksi sinar-X (*XRD*) menunjukkan bahwa terbentuk puncak dominan Fe yaitu pada $2\theta = 44,7^\circ$, seperti diperlihatkan pada Gambar 2.

Sedangkan puncak-puncak yang menunjukkan Fe₃O₄ pada $2\theta = 30,0^\circ$; $35,4^\circ$; dan $62,5^\circ$ mempunyai intensitas sangat kecil.

Hal ini menunjukkan bahwa hasil sintesis adalah Fe⁰, sesuai dengan reaksi pada Persamaan (1):

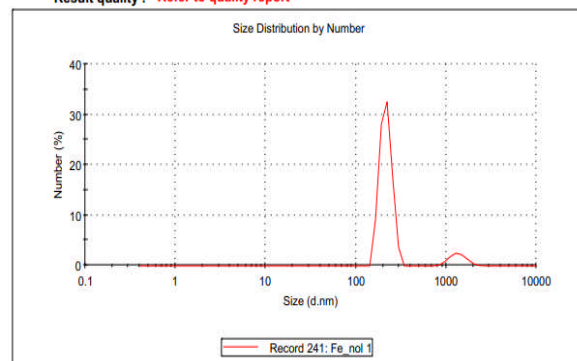


Pengukuran menggunakan *Particle Size Analyser (PSA)* menunjukkan bahwa distribusi ukuran partikel bervariasi dengan nilai ukuran rerata 215,0 nm (90,7%) dan 1362 nm (9,3%), seperti diperlihatkan pada Gambar 3. Hal ini menunjukkan bahwa Fe⁰ hasil sintesis dalam orde nanometer sehingga dapat disebut *Nano Zero Valent Iron (NZVI)*. Ketidakmurnian hasil sintesis *NZVI* kemungkinan disebabkan sebagian dari Fe⁰ telah bereaksi dengan oksigen dari udara dan pelarut yang digunakan.

Observasi morfologi menggunakan *Scanning Electron Microscope (SEM)* sampai perbesaran 10.000 kali, seperti diperlihatkan pada Gambar 4., menunjukkan bahwa Fe⁰ berbentuk bola-bola seperti pada Gambar 4(a).

	Size (d.nm):	% Number	Width (d.nm...)
Z-Average (d.nm): 910.3	Peak 1: 1362	9.3	282.8
PdI: 0.480	Peak 2: 215.0	90.7	32.09
Intercept: 0.909	Peak 3: 0.000	0.0	0.000

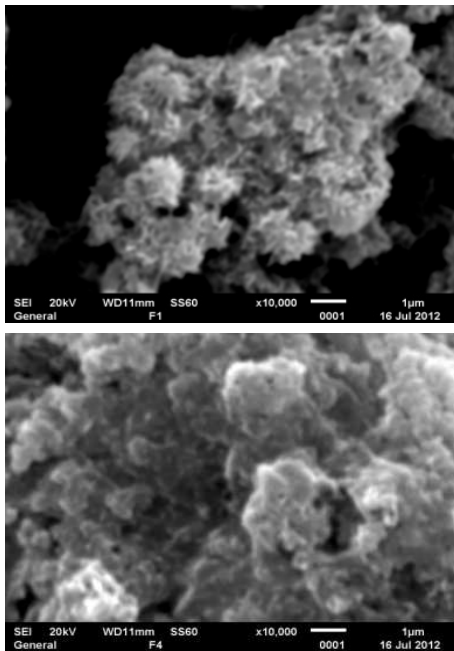
Result quality : Refer to quality report



Gambar 3. Pengukuran PSA terhadap hasil sintesis

Tabel 1. Hasil pengukuran Atomic Absorption Spectrofotometer (AAS)

No.	Nama Unsur	Konsentrasi (ppm)			Metode
		Sebelum ditambah Fe ⁰	Setelah ditambah Fe ⁰	Efektifitas Adsorpsi (%)	
1	Tembaga	0,30	<0,003	99	AAS/SNI 06-6989.8-2009
2	Kadmium	0,030	<0,006	80	AAS/SNI 06-6989.6-2009
3	Krom	0,240	<0,048	80	AAS-GTA/SNI 06-6989.54-2005
4	Timbal	2,50	<0,027	98,9	AAS-VGA/SNI 6989.78-2011
5	Arsen	0,05	tt	≈100	AAS/SNI 06-6989.16-2004



Gambar 4. Observasi morfologi Fe⁰ menggunakan SEM.



Gambar 5. Rangkaian uji remediasi

Sedangkan pada Gambar 4(b). diperlihatkan bahwa partikel Fe⁰ sangat korosif sehingga mudah bereaksi dengan oksigen dan menyelimuti inti Fe⁰.

Serbuk hasil sintesis digunakan untuk remediasi ion-ion logam dalam sampel lindi, dengan cara mengalirkan lindi melewati suatu kolom yang mengandung Fe⁰, seperti terlihat pada Gambar 5. Filtrat yang dihasilkan dianalisis menggunakan Atomic Absorbition Spectrofotometer (AAS).

Hasil analisis filtrat lindi yang sudah diremediasi ditunjukkan pada Tabel 1. Data tersebut menunjukkan bahwa Fe⁰ sangat efektif untuk remediasi ion-ion logam tembaga, kadmium, krom, timbal, dan arsen. Penggunaan Fe⁰ sebagai bahan remediasi yang efektif tersebut berpeluang untuk diaplikasikan dalam penanganan limbah industri terutama limbah cair.

KESIMPULAN

Hasil sintesis terbentuk partikel Fe⁰ dengan ukuran 215 nm (90,7%) dan 1362 nm (9,3%), dengan fasa dominan Fe pada 2θ = 44,7°. Efektifitas adsorpsi Fe⁰ untuk tembaga, kadmium, kromium, timbal, dan arsen sebesar 80% hingga 99 %.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Bapak Prof. DR. Ridwan, Bapak Drs. Engkir Sukirman, M.Sc, Bapak Drs. Didin S. Winatapura, Ibu Ir. Siti Wardiyati, Sdr. Sari H Dewi, A.Md, dan para peneliti PTBIN-BATAN. Penelitian ini didanai oleh Proyek PKPPI 2012.

DAFTAR ACUAN

- [1]. TAN, WEI LENG, Synthesis And Characterization Of Magnetite And Magnetite-Epoxy Polymers Nanocomposites And Their Thermal And Electrical Behaviors [QC176.8.N35 T161 2007 f rb]. *Masters Thesis*, Universiti Sains Malaysia, (2007)
- [2]. ZHANG Huan, JIN ZHAO-HUI, HAN LU, QIN CHENG-HUA, *Trans. Nonferrous Met. SOC. China*, **16** (2006) s 345-s349
- [3]. ARBAIN, NK WARDANA, IB SUDANA, *Ecotrophic*, **3** (2) (tahun) 55-66
- [4]. MEMET HAKIM, JOICE WIJAYA, dan RIJA SUDIRJA, *Mencari Solusi Penanganan Masalah Limbah Kota*, Disampaikan pada Lokakarya Pengelolaan Sampah Kota dalam Revitalisasi Pembangunan Hortikultura di Indonesia, Bandung (2006)
- [5]. Pemerintah Kota Denpasar Provinsi Bali, *Status Lingkungan Hidup Kota Denpasar Tahun 2008*, Diterbitkan Desember (2008)