

Mineral Zeolit Sebagai Absorben Hg Pada Tanah Tercemar Merkuri Hasil Proses Amalgamasi Emas

Syaifful Amri¹, Hakim Erlangga Bernado Sakti², R. Fathurrahman Erlangga³, Edy Nursanto⁴

Mahasiswa Teknik Pertambangan, UPN Veteran Yogyakarta¹
stevenpermadi@gmail.com

Mahasiswa Magister Teknik Pertambangan, UPN Veteran Yogyakarta²

Mahasiswa Teknik Pertambangan, UPN Veteran Yogyakarta³

Dosen Teknik Pertambangan, UPN Veteran Yogyakarta⁴

Abstrak

Indonesia merupakan negara yang kaya akan sumber daya alam, terutama mineral. Emas merupakan salah satu mineral paling berharga yang mempunyai nilai keekonomisan tinggi, tentunya hal ini sangat berpengaruh pada ketahanan ekonomi nasional dalam bentuk penambahan devisa negara. Mengingat cadangan emas di Indonesia yang cukup besar, menjadikan prospek pertambangan emas sangat menjanjikan, sehingga mengakibatkan banyaknya pertambangan emas rakyat yang beroperasi secara konvensional. Hal ini tentunya menjadi dilema yang dihadapi oleh berbagai pihak, terutama dampak langsung maupun tidak langsung dari aspek lingkungan. Adanya limbah sisa produksi berupa *mercury* menyebabkan tanah kehilangan unsur hara serta gangguan kesehatan bagi makhluk hidup. Sehingga pentingnya penanganan dan pengelolaan dampak *mercury* ini dengan menggunakan zeolite alam. Sebenarnya potensi zeolite alam yang ada di Indonesia cukup besar, sehingga dapat digunakan langsung sebagai media penyerapan akan merkuri. Zeolit alam yang digunakan adalah zeolite dari Formasi Kebo Butak, nilai kapasitas tukar kation sebesar 2.29 meq/g. Berdasarkan sayatan tipis kandungan feldspar rata-rata sebesar 45% dengan penamaan petrografis *Andesitic Crystall Tuff* (klasifikasi Williams, 1982). Analisis *zeolite* menggunakan SEM (*Scanning Electron Microscopy*) mempunyai ukuran pori sebesar 10 μm dengan perbandingan Si/Al adalah 6.125 sehingga zeolite ini dinamakan zeolite dengan tipe modernit dengan tingkat penyerapan sedang sebagai adsorben.

Kata Kunci: Zeolit Alam, Merkuri, SEM

1. Pendahuluan

Indonesia merupakan negara yang terletak pada sistem cincin api (*ring of fire*) sehingga pembentukan sumber daya mineral cukup tinggi pada daerah yang dilewati oleh sistem tersebut. Salah satu mineral yang dihasilkan sebagai endapan akibat proses tersebut adalah emas (Au). Seperti yang diketahui bahwa emas merupakan salah satu bahan tambang yang mempunyai nilai keekonomisan yang cukup tinggi dan menjadi salah satu pemasukan bagi devisa negara.

Sementara itu dengan peningkatan aktivitas eksplorasi bijih pada sejumlah daerah berakibat pada meningkatnya pula aktivitas masyarakat umum pada daerah sekitar untuk melakukan penambangan emas dengan metode amalgamasi. Hal ini cukup riskan dikarenakan tidak adanya pengawasan dalam metode penambangan tradisional ini sehingga dapat menimbulkan

kerusakan lingkungan seperti pencemaran oleh logam berat merkuri (Hg) yang sangat berbahaya bagi kesehatan masyarakat sekitar lokasi tambang. Pada penambangan rakyat banyak sekali yang menggunakan merkuri untuk proses amalgamasi, sedangkan pengelolaan limbah yang dihasilkan dari proses tersebut sangat besar berpotensi mencemari tanah disekitar areal penambangan.

Mengingat sifat merkuri yang berbahaya, maka penyebaran logam ini perlu diawasi agar penanggulangannya dapat dilakukan sedini mungkin secara terarah. Selain itu, untuk menekan jumlah limbah merkuri, maka perlu dilakukan perbaikan sistem pengolahan yang dapat menekan jumlah limbah yang dihasilkan akibat pengolahan dan pemurnian emas. Untuk mencapai hal tersebut di atas, maka diperlukan upaya pendekatan melalui penanganan tailing

atau limbah B3 yang berwawasan lingkungan dan sekaligus peningkatan efisiensi penggunaan merkuri untuk meningkatkan perolehan (*recovery*) logam emas.

Pengolahan air limbah maupun tanah yang mengandung merkuri dapat dilakukan dengan proses penyerapan (*adsorpsi*) bahan pencemar dengan menggunakan resin-organik yang berfungsi sebagai penukar ion baik berupa anion atau kation (Michael dan Pierre, 1994 dan Jianlong et al, 2000), karbon aktif (Giequel et al., 1997), dan silika gel (Leeis et al., 1996), tetapi harganya relatif mahal. Hal tersebut yang mendorong beberapa peneliti untuk mencari bahan penyerap alternatif yang lebih murah.

Mineral zeolit merupakan mineral yang terdapat dalam batuan hasil proses pengendapan alam (Las, T. 1999) yang akhir-akhir ini banyak diteliti untuk digunakan sebagai bahan penukar kation. Zeolit alam telah dikenal sejak puluhan tahun yang lalu, akan tetapi penggunaannya terbatas sebagai bahan bangunan (semen, batu ukiran dan lain-lain). Dari hal tersebut timbul ide dalam menggunakan zeolit sebagai media pengabsorpsi limbah merkuri pada tanah yang tercemar akibat proses penambangan emas oleh rakyat dengan metode yang konvensional.

Di Indonesia zeolit pertama kali ditemukan pada tahun 1985 oleh Pusat Pengembangan Teknologi Mineral (PPTM) Bandung dalam jumlah yang besar, diantaranya tersebar di beberapa daerah di pulau Sumatera dan Jawa. Zeolit adalah senyawa alumino silikat dengan struktur rangka (*frameworks*) dan mempunyai pori (rongga) dan saluran yang diisi oleh kation dan molekul air yang dapat mudah dipertukarkan (*exchangeable*) sehingga dapat mengadsorpsi ion (Sand, L. 1978).

Pada penelitian ini pengambilan sampel zeolit adalah *zeolite* tipe mordenit alam pada formasi kebo butak, pengambilan sampel dilakukan pada dua lokasi pada koordinat X= 0460955, Y= 9138215, Z= 149 dan X= 0460033, Y= 9136516, Z= 352 (Zona 49), diambil dari formasi Kebo Butak, nilai KTK (Kapasitas Tukar Kation) sebesar 2.29 meq/g. Sedangkan untuk lokasi pengambilan sampel tanah tercemar limbah merkuri terletak di daerah X = 0387396, Y =9134524 Z= 116 (Zona 49) . Masalah yang dapat ditimbulkan oleh karena penggunaan merkuri adalah kerusakan sistem metabolisme tubuh, timbulnya kecacatan pada janin, peningkatan sel kanker pada tubuh, menyebabkan penurunan tingkat fertilitas pada tanah dan tumbuhan, pencemaran pada air tanah maupun air permukaan. Penelitian ini bermaksud untuk memanfaatkan zeolit untuk mengetahui efisiensi dan kemampuan zeolit dalam mengadsorb merkuri pada tanah tercemar merkuri dengan prinsip kapasitas Tukar Kation

(KTK), dan mengetahui teknologi ramah lingkungan yang murah sebagai solusi untuk mengatasi permasalahan limbah hasil tambang emas rakyat.

2. Metode

Metode penelitian ini adalah metode observasi langsung ke lapangan untuk pengambilan sampel, pengumpulan data sekunder melalui penelitian terdahulu.

2.1 Metode Pengumpulan Data

Kegiatan penelitian ini dilakukan dengan metode, yaitu : Observasi Lapangan, yaitu melakukan survei tinjau ke lokasi pengambilan sampel. Pengambilan sampel, yaitu Pengambilan sampel batuan zeolite di daerah Gedangsari, Daerah Istimewa Yogyakarta menggunakan botol sampel. Pengambilan sampel tanah tercemar bahan merkuri (Hg) di daerah Kulonprogo, Daerah Istimewa Yogyakarta.

Peralatan dan Bahan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu :

- Palu Geologi
- GPS
- Plastik Sampel
- Kaca Preparat
- Mikroskop polarisasi
- Tyler sieve shaker ASTM
- Neraca O'haus

Bahan dan material yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu :

- Zeolite
- Tanah Hasil Limbah Emas

Zeolite yang digunakan sebagai sampel dalam penelitian ini diambil dari Gedangsari, DIY (Gambar 1). *Zeolite* tersebut dianalisa terlebih dahulu untuk mengetahui karakteristik dan jenisnya. Analisa yang dilakukan yaitu analisa petrografi.

Berikut dibawah ini prosedur laboratorium dalam analisa petrografi :

- Meletakkan mikroskop polarisasi di atas meja dengan cara memegang lengan Mikroskop Polarisasi sedemikian rupa sehingga mikroskop berada dihadapan Pemakai.
- Menyentralkan mikroskop.
- Menentukan perbesaran lensa objektif, lensa okuler dan perbesaran total dengan cara melihat perbesaran lensa objektif dan lensa okuler.
- Menentukan bilangan skala.
- Menentukan bukaan difragma.
- Menuliskan nomor urut dan nomor peraga.
- Menentukan jenis *zeolite*.

- Menentukan kedudukan mineral (X,Y) dengan cara melihat kedudukan mineral pada skala sumbu absis dan sumbu ordinat.
- Mendeskripsikan kenampakan mikroskopis dari zeolite.
- Mendeskripsikan mineral dengan sifat-sifat optik yang dimiliki.
- Mempersentasekan mineral yang dikandung dalam zeolite yang diamati pada tiga sudut pandang yang berbeda dan mencatatkan nilai rata-rata kenampakan dari mineral.

Zeolite

Zeolite yang digunakan dalam bentuk bubuk, dengan terlebih dahulu dihancurkan dan disaring dengan menggunakan Tyler sieve ASTM dengan ukuran 20 mesh. Berikut prosedur laboratorium penggunaan *Tyler sieve* ASTM :

- Mengambil batuan *zeolite* yang sudah kering dan bebas air.
- Memecah batuan menjadi fragmen kecil-kecil dan kemudian memasukkannya ke dalam ayakan kemudian menggerus menjadi butiran-butiran halus ukuran 200 mesh.
- Menyediakan sieve analysis yang telah dibersihkan dengan di bagian bawahnya.
- Menyusun sieve analysis yang telah dibersihkan di atas alat penggoncang dengan mangkuk pada dasarnya sedangkan sieve diatur dari yang paling halus di atas mangkuk dan yang paling keras dipuncak.
- Menuangkan dengan hati-hati pasir batuan zeolite ke dalam sieve yang paling atas, kemudian dipasang tutup, dan mengeraskan penguatnya.
- Menggoncangkannya selama 30 menit.
- Menuangkan isi dari sieve ke dalam mangkuk.
- Selanjutnya zeolite ukuran 200 mesh ditimbang seberat 20 gram lalu dicampur dengan tanah limbah seberat 100 gram.



Gambar 1

Prosedur Dalam Sieve Analysis Zeolit Menggunakan Tyler sieve ASTM.



Gambar 2

Pencampuran Tanah Limbah (100 gram) dengan zeolite (20 gram) 200 mesh

2.2 Metode Analisis Data

Analisis yang digunakan digunakan adalah analisis uji sayatan tipis (Petrografi), Uji SEM (*Scanning Electron Microscopy*), dan EDS. Pendekatan data menggunakan fungsi regresi linear.

3. Hasil dan Pembahasan

Hasil pengamatan lapangan di contoh lokasi tambang rakyat di daerah Kulon Progo dengan koordinat lokasi 1 X=0397396, Y=9134524, Z= 116, lokasi 2 X=038041, Y=9136007, Z= 371., lokasi 3 X= 0398026, Y= 9136021, Z= 377. Pengolahan bijih pada daerah tersebut menggunakan teknik amalgamasi umumnya dilakukan di halaman rumah atau dipinggir sungai berdekatan dengan lokasi tambang. Peralatan yang digunakan adalah gelundung yang bisa mengolah 10-30 Kg bijih dalam sehari. Pada prakteknya pencampuran merkuri terjadi di dalam gelundung tersebut selama 8-24 jam dengan tenaga listrik atau tenaga air jika kondisi sungai memungkinkan. Proses amalgamasi selesai, amalgam dipisahkan dari tailingnya dengan cara diperas dengan kain parasite dan tailing diarahkan ke dalam bak penampungan tailing atau dibiarkan mengalir ke halaman rumah, hal inilah yang berpotensi mencemari lingkungan.

Hasil sayatan petrografi yang dilakukan maka didapatkan hasil sebagai berikut yaitu *zeolite* yang diamati adalah jenis batuan piroklastik dengan warna abu-abu kehijauan, berstruktur masif bertekstur klastik dengan Ukuran butir pasir sangat halus sampai lempung, *well sorted*, kemas tertutup, dengan komposisi mineral *Feldspar Lithic*, kuarsa, mineral opak dan Ash. Dari hasil analisis tersebut serta dilihat dari kandungan lempung jenis monmorilonit, zeolit tersebut masuk dalam jenis mordenit.



Gambar 3
Sayatan petrografi dengan perbesaran 30 kali

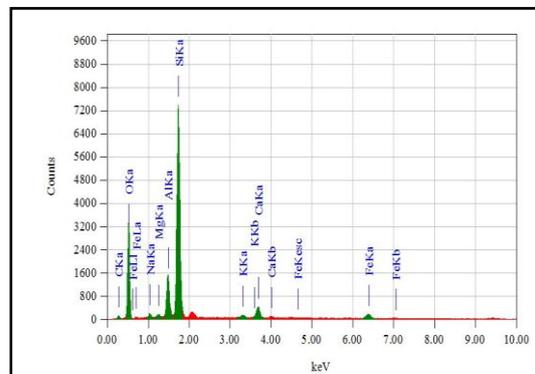
Hasil dari analisa *petrographic* zeolit ini mempunyai kepolaran relatif tinggi atau bersifat hidrofilik.

Zeolite yang digunakan sebagai sampel dalam penelitian ini mempunyai rasio Si/Al relatif rendah. Berdasarkan hasil pengukuran dengan spektroskopi serapan atom diketahui bahwa zeolit alam ini mempunyai rasio Si/Al = 2,852 (Sriatun, Dimas Buntarto dan Adi Darmawan). Tingginya kadar alumina berarti zeolit ini mempunyai kepolaran relatif tinggi atau bersifat hidrofilik. Menurut Inglezakis 2005, zeolite jenis *mordenite* memiliki kapasitas tukar kation sebesar 2.29 meq/g (Gambar 4).

Zeolite	Cation Exchange Capacity (CEC) (meq/g)
Chabazite	3.84
Clinoptilolite	2.16
Erionite	3.12
Ferrierite	2.33
Heulandite	2.91
Laumontite	4.25
Mordenite	2.29
Phillipsite	3.31
Faujasite	3.39

Gambar 4
Ideal cation exchange capacity (CEC) dari beberapa jenis zeolite : data dihitung menggunakan unit cell formula (Inglezakis, 2005)

Pengamatan secara mikroskopis menunjukkan bahwa zeolite yang digunakan mempunyai komposisi yang dominan adalah silica dengan menggunakan uji EDS seperti gambar di bawah ini



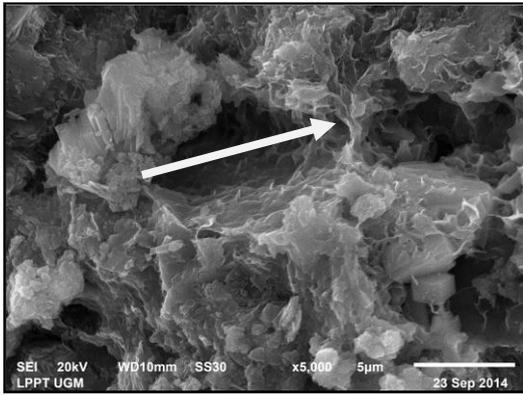
Gambar 5
Hasil Uji EDS

Secara lengkap untuk masing-masing komposisi zeolite yang dipakai adalah seperti gambar dibawah ini menunjukkan perbandingan Si/Al adalah 6.125 sehingga tergolong tipe *mordenite*.

Element	(keV)	Mass%	Sigma	Mol%	Compound	Mass%	Cation
C K	0.277	12.27	0.23	42.51	C	12.27	0.00
O		43.29					
Na K	1.041	0.89	0.05	0.80	Na2O	1.19	0.34
Mg K	1.253	0.38	0.05	0.66	MgO	0.64	0.14
Al K	1.486	5.76	0.14	4.45	Al2O3	10.89	1.90
Si K	1.739	31.19	0.36	46.20	SiO2	66.71	9.85
K K	3.312	0.44	0.03	0.23	K2O	0.53	0.10
Ca K	3.690	2.85	0.08	2.96	CaO	3.99	0.63
Fe K	6.398	2.93	0.11	2.19	FeO	3.77	0.47
Total		100.00		100.00		100.00	13.42

Gambar 6
Komposisi Zeolit

Pengujian pori batuan menggunakan analisis SEM menunjukkan bahwa ukuran pori batuan adalah 10 µm.



Gambar 7
Hasil Uji SEM

Hasil analisis conto tanah menunjukkan kadar Merkuri (Hg) yang cukup tinggi yaitu berkisar antara 0,27034-1 ppm Hg, sedangkan Baku Mutu Lingkungan (BML) yang diikuti berdasarkan PP No. 20 Tahun 1990 untuk air raksa (Hg). Sedangkan untuk penyerapan zeolite efektif di 40 gram zeolite dicampurkan dalam tanah sebanyak 100 gram. Lihat tabel 1.

Tabel 1: Penyerapan Merkuri Vs Zeolit

Contaminated Soil with Hg (Gram)	Zeolite Water Solution (gram)	Mercury Value (Ppm)	Absorbition Effectively (%)
100	0	562,67	0
100	20	327,86	41.7
100	30	36.83	93.5
100	40	0.89	99.7
100	50	7.24	80.3

4. Kesimpulan

- Pengolahan tanah tercemar merkuri sangat penting dilakukan, karena merkuri tersebut dapat menyebabkan berbagai dampak negatif terhadap lingkungan dan kesehatan manusia.
- Zeolite alam dari formasi Kebo Butak Klaten Jawa Tengah termasuk ke dalam tipe mordenite yang mengandung 45% mineral feldspar, 10% mineral lithic, dan 10% piroksen, 5% opak, dan ash (debu) 30%.
- Berdasarkan hasil uji laboratorium kimia, EDS, dan SEM dapat disimpulkan bahwa pori pada zeolite yang digunakan adalah 10 µm dengan persentasi massa SiO₂ 66,7 % memberikan hasil dengan kadar merkuri yang tersisa di tanah paling kecil terdapat pada tanah yang dicampur dengan 40 gram zeolite atau perbandingan tanah vs zeolite sebesar 2,5:1 yaitu sebesar 0,89 ppm.

- Pemanfaatan zeolite sebagai media pengabsorpsi merkuri sangat prospek untuk *management* tanah tercemar merkuri, karena dapat mencegah dampak negatif terhadap lingkungan dan kesehatan manusia.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Laboratorium LPPT unit II UGM, Laboratorium Mineralogi dan Petrologi UPN Veteran Yogyakarta dan pihak-pihak yang terkait dalam pengambilan sampel.

Daftar Pustaka

- Bambang Tjahjono Setiabudi. 2005. "Penyebaran Merkuri Akibat Usaha Pertambangan Emas Di Daerah Sangon, Kabupaten Kulon Progo, D.I. Yogyakarta". Kolokium Hasil Lapangan – DIM.
- Dinas Pertambangan DIY, "Pekerjaan Pembuatan Profil Zeolit di Desa Sampang, Kecamatan Gedangsari, Kabupaten Gunung Kidul, Propinsi DIY", 1999/2000.
- Dinas Pertambangan PROPINSI DIY, 1996-1998, "Pekerjaan Pemetaan Semi-mikro Bahan Galian Golongan C", Daerah Istimewa Yogyakarta.
- Giequel, I., D. Wolbert and A. Laplanche. 1997. Adsorption of Atrazine by Powdered Activated Carbon : Influence of Dissolved Organic and Mineral Matter of Natural Water. Environ. Sci. Technol. 18 : 467-478.
- Jianlong Wang, Xinmin Zhan and Yi Quan. 2003. Renoval of Cr (VI) from aqueous solution by macroporous resin adsorption. J Environ. Sci. Health A35 (7). 1211-1230
- Las, T. dan Gunanjar. 1999. "Pemanfaatan Mineral Zeolit Alam untuk Mendukung Kelestarian Lingkungan". Prossiding Seminar Teknologi Pengolahan Limbah II : BATAN.
- MENTZEN, B.F., "Structural properties' of some MFI/Sorbate complexes, Zeolite News Letter", 10 (2) (1993) 77.
- Michael, G. and Pierre Apriou. 1994. Three-Column System for Preconcentratin and Spesiciation Determination of Trace

Metals in Natural Waters. Anal.
Chim.Acta. 297 : 369-376.

Supardi, Busron Masduki, Herry Poernomo dan Paul Pujiono. 2003. "Penjerapan merkuri pada limbah cair dengan zeolit alam dan arang tempurung kelapa secara bergantian dengan cara catu". Prosiding Pertemuan dan Presentasi Ilmiah Penelitian Dasar Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Nuklir P3TM-BATAN Yogyakarta.