

# Teknologi Solidifikasi/Stabilisasi Secara Termal Menggunakan Tanah Liat (*Clay*) dan *Fly Ash*

Irma Kurnia Fitri, Jon Efendi\*

Jurusan Kimia Fakultas dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Padang  
Jln. Prof.Dr.Hamka Air Tawar Padang Indonesia Telp.0751707420

\*khalidsefendi@gmail.com

**Abstract** - Industrial wastes generated from various industrialization activities usually contain a variety of toxic heavy metals. The resulting heavy metal is very toxic and is detrimental to the health of living things. Various technologies have been developed to deal with heavy metal waste. One of them is the method of remediation of solidification / stabilization. In this review, what will be discussed is the method of thermal solidification / stabilization. Thermal technology in the method of solidification / stabilization is a very useful method with low cost and simple methods. Stabilized metal waste can be obtained as building materials such as bricks. Vitrification or thermal methods are thermal waste treatments that convert waste into glass or crystalline materials. Most of these methods operate at 1200 ° C. In the study (I.B. Singh, 2006) solidification / thermal stabilization using fly ash binder and clay. In his research using thermal combustion temperatures of 850 ° C, 900 ° C and 950 ° C. Thermal treatment with fly ash and clay binder can reduce contaminants to the maximum.

**Keywords** — heavy metals, clay, solidification / stabilization, thermal or vitrification.

## I. PENDAHULUAN

Limbah industri yang dihasilkan dari berbagai aktivitas industrialisasi biasanya banyak mengandung berbagai logam berat beracun [1]. Logam berat merupakan salah satu polutan penting dalam air terutama dalam air limbah dan telah menjadi masalah kesehatan bagi masyarakat saat ini karena sifatnya yang tidak dapat terbiodegradasi [2]. Polusi logam berat merupakan suatu masalah yang serius bagi lingkungan dan keseimbangan fauna [3]. Industri utama yang mengandung logam berat pada limbahnya adalah pertambangan, pelapisan logam dan produksi baterai [1]. Ada jenis-jenis logam berat yang sering ditemukan dalam limbah industri yang berbahaya yaitu Cd, Cr, Ni, dan Pb [4].

Dengan meningkatnya kontaminasi lingkungan alam, masalah logam berat menjadi semakin penting. Berbagai teknologi telah dikembangkan untuk membuat limbah menjadi tidak beracun atau untuk mengurangi potensi pelepasan spesies beracun ke lingkungan [5]. Salah satu teknologi untuk pengolah limbah B3 adalah Solidifikasi/Stabilisasi (S/S) [6]. Teknik Solidifikasi/Stabilisasi (S/S) merupakan suatu teknik pengolahan limbah lumpur industri sebelum dibuang ke TPA yang tepat [7]. Stabilisasi merupakan penambahan bahan aditif untuk mengurangi sifat beracun limbah. Solidifikasi yaitu suatu proses ditambahkan bahan yang dapat memadatkan limbah agar terbentuk massa limbah yang padat [6]. Teknik S/S dilakukan dengan cara mencampurkan limbah lumpur atau tanah yang terkontaminasi dengan bahan pengikat atau bahan aditif lainnya yang bertujuan untuk menurunkan keberadaan kontaminan yang beracun dengan mengikatnya dengan matriks padat (stabilisasi) [8].

Salah satu teknologi S/S adalah dengan cara termal atau vitrifikasi. Vitrifikasi merupakan pengolahan limbah secara termal yang mengubah limbah menjadi bahan gelas atau kristalin. Kebanyakan pada metode ini beroperasi pada suhu 1200°C. Pada suhu tersebut semua bahan organik dan anorganik (sianida, nitrat dll) telah hancur [6]. Teknologi termal dalam metode solidifikasi/stabilisasi merupakan metode yang sangat bermanfaat dengan biaya yang murah dan metode yang sederhana. Limbah logam yang telah distabilkan dapat diperoleh sebagai bahan bangunan seperti batu bata [9]. Stabilisasi berbasis termal dapat mengikat logam dalam matriks dan stabilitas termodinamika dari produk yang dipadatkan. Setelah dipanaskan logam akan terikat dalam amorf (vitrifikasi) atau kristal (pemanasan dalam suhu rendah) matriks dan stabilisasi [10].

Menurut penelitian [11] mobilitas ion logam Pb dan Cd dapat berkurang dengan proses solidifikasi termal. Selama proses solidifikasi ion logam dengan zat pengikat tanah liat akan membentuk suatu senyawa yang stabil yaitu,  $MO-Al_2O_3$ ,  $MO-2SiO_2$ , dan  $MO-Al_2O_3.2SiO_2$  (dimana M = logam Cd dan Pb) mobilitas ion logam menurun [10].

Mineral lempung alami dapat berfungsi sebagai agen penyerap untuk menghilangkan logam berat. Tanah liat telah digunakan selama beberapa dekade salah satunya sebagai adsorben untuk menghilangkan logam berat yang sangat beracun dari limbah cair. Tanah liat (clay) merupakan adsorben yang murah, banyak tersedia dan efektif [12]. Tanah liat memiliki celah dalam struktur sehingga suatu molekul yang melewatinya akan terperangkap di dalam struktur tersebut, karena sifat ini yang menjadikan tanah liat dapat dimanfaatkan sebagai agen penyerap [13].

Tanah liat mempunyai banyak material dalam komposisinya. Mineral tanah liat banyak digunakan dalam kegiatan industri seperti adsorben nano-komposit, dalam logam berat adsorpsi ion, keramik, dan isian kertas [14]-[15]. Salah satu jenis tanah liat adalah kaolin. Kaolin merupakan salah satu jenis dari mineral lempung (*clay*) yang paling luas pada tanah, terutama pada daerah yang beriklim hangat dan lembab [16]. Kaolin memiliki komposisi terbesar yaitu berupa kaolit ( $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ). Partikel kaolin berupa lembaran heksagonal dengan diameter sekitar 0,05- 10 $\mu\text{m}$ .

## II. METODE PENELITIAN

Bahan yang digunakan pada penelitian ini Mn, Pb, Cu, Ni, Cr dan tanah liat (*clay*) sebagai zat pengikat limbah. Natrium Hidroksida (NaOH) dan asam asetat ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ) sebagai pelarut *leaching out*. Instrumen yang digunakan adalah FTIR 821-pc Shimadzu, UV-DRS Specord Plus Analytical Jena, XRD, AAS-63 Shimadzu.

### A. Preparasi Tanah Liat

Tanah liat dijemur dibawah sinar matahari selama 2 hari, kemudian digerus dan diayak dengan ukuran 106  $\mu\text{m}$ . Tanah liat yang telah disiapkan dioven pada suhu 105 $^\circ\text{C}$  selama 3 jam. Tanah liat siap digunakan.

### B. Stabilisasi ion logam dengan binder tanah liat

Tanah liat dicampurkan hingga sempurna, kemudian ditambahkan larutan yang mengandung ion logam Pb, Cu, Cr, dan diaduk hingga membentuk pasta yang homogen [17]. Pasta yang telah terbentuk dioven pada suhu 105 $^\circ\text{C}$  selama 2 jam. Hasil pengovenan digerus hingga halus dan difurnace (suhu 850 $^\circ\text{C}$ , 900 $^\circ\text{C}$  dan 950 $^\circ\text{C}$ ) selama 2 jam.

### C. Toxicity characteristic leaching procedure (TCLP)

Tes TCLP yang digunakan dalam penelitian ini mengikuti prosedur standar USEPA. Padatan Clay-ion logam ditimbang dan selanjutnya dimasukkan ke dalam botol. Kemudian ditambahkan larutan pengekstraksi natrium asetat dengan pH 4,98 ( asam asetat glasial ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ) dan NaOH) [18]. Tutup botol tersebut, kemudian putar selama 18 jam dengan kecepatan 30 rpm menggunakan Rotary Agitator [19]. Kemudian sentrifus campuran dengan kecepatan 10.000 rpm selama 20 menit. Filtrat hasil setrifus di uji dengan menggunakan instrument spektrofotometer serapan atom (SSA).

## III. PEMBAHASAN

### A. Teknologi solidifikasi/stabilisasi termal

Stabilisasi adalah teknologi yang menggunakan bahan pengikat seperti semen, kapur, atau polimer organik untuk mengubah tanah yang terkontaminasi yang mengandung logam beracun menjadi bentuk yang dapat dikelola dan

kurang beracun dengan secara fisik atau secara kimia melumpuhkan kontaminan [19]. Pada proses stabilisasi yaitu menambahkan bahan aditif yang berfungsi sebagai mengurangi kontaminan pada limbah B3 [6]. Solidifikasi merupakan suatu proses yang tidak selalalu melibatkan rekasi kimia dan pada proses ini ditambahkan bahan yang berfungsi untuk memadatkan limbah agar menjadi massa yang padat [19].

Secara umum proses S/S terbagi atas dua bagian penting, proses kimia dan fisika. Proses kimia membutuhkan reaksi kimia untuk memungkinkan proses berlangsung. Dalam proses ini reaksi kimia dapat terdiri atas reaksi sederhana seperti reaksi netralisasi, atau reaksi lebih rumit seperti kompleksasi [9]. Sedangkan pada proses fisika tidak melibatkan reaksi kimia. Prosesnya yaitu menyerap unsur-unsur pada permukaan atau pori-pori dan mengikatnya dalam bentuk matrik yang melapisi partikel penyusun dan menyebarkannya sehingga terjadi pemisahan secara fisika kontaminan dari tanah [19].

Tujuan dari pada proses Solidifikasi/Stabilisasi adalah mengubah limbah yang beracun menjadi massa yang padat dengan *leaching* yang rendah serta daya kuat tekan yang tinggi sehingga bisa dimanfaatkan pada lingkungan, seperti pembuatan batu bata. *Leaching* merupakan suatu proses dimana suatu kontaminan ditransfer dari matriks yang stabil menjadi zat cair.

Vitrifikasi merupakan pengolahan limbah secara termal yang mengubah limbah menjadi bahan gelas atau kristalin. Kebanyakan pada metode ini beroperasi pada suhu 1200 $^\circ\text{C}$ . Pada suhu tersebut semua bahan organik dan anorganik (sianida, nitrat dll) telah hancur [6]. Teknologi termal dalam metode solidifikasi/stabilisasi merupakan metode yang sangat bermanfaat dengan biaya yang murah dan metode yang sederhana. Limbah logam yang telah distabilkan dapat diperoleh sebagai bahan bangunan seperti batu bata [9].

### B. TCLP test

Uji TCLP yang digunakan mengikuti prosedur standar yang dijelaskan oleh USEPA. Prosedur TCLP pertama ditimbang sampel dan masukkan sampel kedalam botol, kemudian ditambahkan larutan pengekstraksi ( $\text{CH}_3\text{COOH}$  dan NaOH)[19].

Menurut penelitian [10] solidifikasi/stabilisasi termal dengan menggunakan bahan pengikat fly ash (abu terbang) dan tanah liat. Pada penelitiannya menggunakan termal dengan suhu pembakaran yaitu 850 $^\circ\text{C}$ , 900 $^\circ\text{C}$  dan 950 $^\circ\text{C}$ . Hasil TCLP limbah logam cair dengan bahan pengikat tanah liat dan fly ash dapat dilihat pada Gambar 1.

TABEL 1  
HASIL UJI TCLP PADA LIMBAH[9]

TCLP mL/L	Cu			Pb			Zn		
		0.12	0.23	0.21	1.2	0.62	0.22	14.2	1.2
Suhu $^\circ\text{C}$	850	900	950	850	900	950	850	900	950



menyebabkan hasil pelindihan ion logam yang kecil setelah pemanasan pada suhu 950°C[10].

#### IV. KESIMPULAN

Teknologi termal dalam metode solidifikasi/stabilisasi merupakan metode yang sangat bermanfaat dengan biaya yang murah dan metode yang sederhana. Limbah logam yang telah distabilkan dapat diperoleh sebagai bahan bangunan seperti batu bata.

Tujuan dari pada proses Solidifikasi/Stabilisasi adalah mengubah limbah yang beracun menjadi massa yang padat dengan *leaching* yang rendah serta daya kuat tekan yang tinggi sehingga bisa dimanfaatkan pada lingkungan, seperti pembuatan batu bata. *Leaching* merupakan suatu proses dimana suatu kontaminan ditransfer dari matriks yang stabil menjadi zat cair.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih saya ucapkan kepada dosen pembimbing yang selalu memberi saya saran dan masukan serta dana dalam penelitian ini. Sehingga saya dapat menyelesaikan penelitian dan artikel saya.

#### REFERENSI

- [1] S. Veli and B. Aly, "Adsorption of copper and zinc from aqueous solutions by using natural clay," vol. 149, pp. 226–233, 2007.
- [2] M. Jiang, X. Jin, X. Lu, and Z. Chen, "Adsorption of Pb (II), Cd (II), Ni (II) and Cu (II) onto natural kaolinite clay," *DES*, vol. 252, no. 1–3, pp. 33–39, 2010.
- [3] M. Katsioti, N. Katsiotis, G. Rouni, D. Bakirtzis, and M. Loizidou, "Cement & Concrete Composites The effect of bentonite / cement mortar for the stabilization / solidification of sewage sludge containing heavy metals," *Cem. Concr. Compos.*, vol. 30, no. 10, pp. 1013–1019, 2008.
- [4] S. Tiwari, I. P. Tripathi, M. Gandhi, C. Gramoday, and H. Tiwari, "Effects of Lead on Environment," *Int. J. Emerg. Res. Manag. & Technology*, vol. 2, no. 6, 2013.
- [5] E. E. Hekal, W. S. Hegazi, E. A. Kishar, and M. R. Mohamed, "Solidification/stabilization of Ni(II) by various cement pastes," *Constr. Build. Mater.*, vol. 25, no. 1, pp. 109–114, 2011.
- [6] R. Anrozi and Y. Trihadiningrum, "Kajian Teknologi dan Mekanisme Stabilisasi/Solidifikasi untuk Pengolahan Limbah B3," *J. Tek. ITS*, vol. 6, no. 2, 2017.
- [7] J. Kumpiene, A. Lagerkvist, and C. Maurice, "Stabilization of Pb- and Cu-contaminated soil using coal fly ash and peat," *Environ. Pollut.*, vol. 145, no. 1, pp. 365–373, 2007.
- [8] A. Antemir, C. D. Hills, P. J. Carey, K. H. Gardner, E. R. Bates, and A. K. Crumbie, "Long-term performance of aged waste forms treated by stabilization/solidification," *J. Hazard. Mater.*, vol. 181, no. 1–3, pp. 65–73, 2010.
- [9] I. B. Singh, K. Chaturvedi, R. K. Morchhale, and A. H. Yegneswaran, "Thermal treatment of toxic metals of industrial hazardous wastes with fly ash and clay," *J. Hazard. Mater.*, vol. 141, no. 1, pp. 215–222, 2007.
- [10] I. B. Singh, K. Chaturvedi, D. R. Singh, and A. H. Yegneswaran, "Thermal stabilization of metal finishing waste with clay," *Environ. Technol.*, vol. 26, no. 8, pp. 877–884, 2005.
- [11] K. E. Kelly *et al.*, "User Guide for Characterizing Particulate Matter - Evaluation of Several Real-Time Methods," 2003.
- [12] M. K. Uddin, "A review on the adsorption of heavy metals by clay minerals, with special focus on the past decade," *Chem. Eng. J.*, vol. 308, no. October, pp. 438–462, 2017.
- [13] J. Ikhsan, B. B. Johnson, and J. D. Wells, "A Comparative Study of the Adsorption of Transition Metals on Kaolinite," vol. 410, pp. 403–410, 1999.
- [14] S. K. Muniyandi, J. Sohaili, and A. Hassan, "Encapsulation of nonmetallic fractions recovered from printed circuit boards waste with thermoplastic Encapsulation of nonmetallic fractions recovered from printed circuit boards waste with thermoplastic," *J. Air Waste Manage. Assoc.*, vol. 64, no. 9, pp. 1085–1092, 2014.
- [15] A. Michalkova, T. L. Robinson, and J. Leszczynski, "Adsorption of thymine and uracil on 1:1 clay mineral surfaces: Comprehensive ab initio study on influence of sodium cation and water," *Phys. Chem. Chem. Phys.*, vol. 13, no. 17, pp. 7862–7881, 2011.
- [16] J. B. Dixon, A. Texas, and C. Station, "Chapter 10," no. 1, 1989.
- [17] M. A. Habib, N. M. Bahadur, A. J. Mahmood, and M. A. Islam, "Immobilization of heavy metals in cementitious matrices," *J. Saudi Chem. Soc.*, vol. 16, no. 3, pp. 263–269, 2012.
- [18] T. S. Singh and K. K. Pant, "Solidification / stabilization of arsenic containing solid wastes using portland cement , fly ash and polymeric materials," vol. 131, pp. 29–36, 2006.
- [19] M. A. Yukselen and B. Alpaslan, "Leaching of metals from soil contaminated by mining activities," vol. 87, pp. 289–300, 2001.