



## **Pemanfaatan Lumpur Hasil Samping IPAL Pabrik Pasta Gigi Sebagai Bahan Baku Batako Dalam Upaya Reduksi Limbah**

**Dwi Ratri Mitha Isnadina, Raih Panji Sampurno, Nita Citrasari**

Program Studi S1 Teknik Lingkungan, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Airlangga  
Kampus C Unair, Jl. Mulyorejo, Surabaya  
E-mail : [dwi.ratri.m.i@fst.unair.ac.id](mailto:dwi.ratri.m.i@fst.unair.ac.id)

### **ABSTRAK**

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui variasi sampel terbaik sebagai bahan baku pembuatan batako berdasarkan SNI 03-0349-1989 tentang Bata beton untuk pasangan dinding dan mengetahui konsentrasi Pb dalam lindi dari campuran bahan baku serta dari produk stabilisasi-solidifikasi. Lumpur hasil samping IPAL Pabrik Pasta Gigi mengandung SiO<sub>2</sub> sebesar 10,18% dan CaO sebesar 49,35% dan termasuk dalam limbah B3. Lumpur hasil samping IPAL Pabrik Pasta Gigi digunakan sebagai substitusi semen Portland yang divariasikan menjadi 10%, 30% dan 50% dari semen Portland. Produk berupa batako diuji pandangan luar dan syarat fisis sesuai SNI 03-0349-1989. Bahan baku batako dan produk batako dianalisis TCLP untuk logam Pb menggunakan metode Spektrofotometri Serapan Atom. Variasi sampel yang terpilih sebagai bahan baku batako berlubang besar berdasarkan SNI 03-0349-1989 adalah 30% lumpur yang mensubstitusi semen Portland dengan mutu tingkat II. Konsentrasi Pb dalam lindi bahan baku batako untuk masing-masing variasi adalah 0,84 mg/L; 0,95 mg/L; dan 1,02 mg/L. Sedangkan konsentrasi Pb dalam lindi batako untuk masing-masing variasi adalah 0,40 mg/L; 0,45 mg/L; dan 0,49 mg/L.

**Kata kunci:** batako; lumpur; Pb; stabilisasi-solidifikasi

### **ABSTRACT**

*This research were aimed to know the best variation as brick raw materials according to SNI 03-0349-1989 about Concrete Brick for Wall Pairs and to know Pb concentration in leachate from raw material mixture and from stabilization-solidification product. Sludge from Wastewater Treatment Plant's Toothpaste Factory was used as a substitution of Portland cement which was varied to 10%, 30% and 50% of Portland cement. Batako were tested by external views and physical requirements according to SNI 03-0349-1989. Raw material and product of brick were analyzed by TCLP for Pb metal using Atomic Absorption Spectrophotometric method. The selected sample variation as a large hollow brick material based on SNI 03-0349-1989 is 30% of sludge substituting Portland cement with grade II quality. The concentration of Pb in leachate of brick raw material for each variation was 0.84 mg / L; 0.95 mg / L; and 1.02 mg / L. While the concentration of Pb in the leachate of brick for each variation was 0.40 mg / L; 0.45 mg / L; and 0.49 mg / L.*

**Keywords:** brick; Pb; sludge; stabilization-solidification

## **I. PENDAHULUAN**

Lumpur harus diolah atau distabilkan agar aman digunakan atau dibuang. Metode yang umum digunakan adalah *landfill* atau insinerasi. Kedua metode tersebut memiliki kelemahan yaitu biaya tinggi dan resiko tinggi terhadap kontaminasi air permukaan atau bawah tanah bila metode yang digunakan adalah *landfill*. Sedangkan insinerasi membutuhkan investasi yang besar dan keamanan tinggi agar tidak terjadi polusi udara. Sehingga diperlukan metode baru dalam pengolahan lumpur. Salah satu metodenya adalah menggunakan lumpur kering sebagai bahan tambahan material beton (Matar, 2008).

Penelitian mengenai pemanfaatan lumpur dari hasil samping pengolahan air limbah dari sebuah Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) sebagai bahan pembuat bata beton batako sudah mulai dilakukan oleh beberapa peneliti beberapa tahun terakhir. Rusliansyah, dkk. (2012) meneliti kemampuan limbah lumpur IPAL industri agrobisnis dalam bidang pengolahan karet sebagai bahan substitusi pasir pada pembuatan bata beton. Limbah lumpur IPAL industri agrobisnis kurang cocok dijadikan bahan substitusi karena kuat tekan bata beton yang dihasilkan tidak memenuhi tingkat mutu yang berlaku di SNI. Pemanfaatan limbah sebagai bahan substitusi pasir tidak hanya dilakukan oleh Rusliansyah, dkk., (2012), Sihombing (2009) juga melakukan penelitian mengenai karakteristik batako yang dibuat dari limbah padat industri kertas-semen. Limbah lumpur yang dapat dimanfaatkan untuk pengganti pasir pada pembuatan bata beton batako dapat mengurangi kebutuhan pasir dan memanfaatkan limbah. Selain itu, perlu dilakukan penelitian mengenai pemanfaatan limbah lumpur yang dikategorikan limbah bahan berbahaya dan beracun karena mengandung logam berat.

Pabrik Pasta Gigi termasuk jenis kegiatan industri sabun deterjen, sehingga lumpur hasil samping IPAL Pabrik Pasta Gigi (selanjutnya disebut lumpur Pabrik Pasta Gigi) dikategorikan sebagai limbah B3 berdasarkan Lampiran Peraturan

Pemerintah No. 101 Tahun 2014 tentang Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3). Limbah B3 adalah sisa suatu usaha dan/atau kegiatan yang mengandung zat, energi, dan/atau komponen lain yang karena sifat, konsentrasi, dan/atau jumlahnya, baik secara langsung maupun tidak langsung, dapat mencemarkan dan/atau merusak lingkungan hidup, dan/atau membahayakan lingkungan hidup, kesehatan, serta kelangsungan hidup manusia dan makhluk hidup lain (Pemerintah Republik Indonesia, 2014). Lumpur Pabrik Pasta Gigi mengandung  $\text{SiO}_2$  dan  $\text{CaO}$ . Kandungan tersebut menyebabkan suatu bahan mempunyai sifat pozzolan yaitu reaktif dengan kapur dan air yang menyebabkan terbentuknya massa yang padat, keras, dan tidak larut dalam air (La Grega, dkk., 2010). Sehingga, lumpur Pabrik Pasta Gigi dapat digunakan sebagai pengganti semen Portland dalam pembuatan batako.

Lumpur Pabrik Pasta Gigi selain mengandung  $\text{SiO}_2$  dan  $\text{CaO}$ , juga mengandung beberapa logam berat yang berasal dari bahan baku yang digunakan untuk membuat pasta gigi. Penelitian yang dilakukan oleh Rao dan Rao (2014) menyatakan bahwa pasta gigi mengandung Pb sebesar  $1,57 \mu\text{g/g}$ ; Cd sebesar  $<0,031 \mu\text{g/g}$ ; Hg sebesar  $0,008 \mu\text{g/g}$ ; As sebesar  $<0,016 \mu\text{g/g}$ ; dan Sn sebesar  $5.658 \mu\text{g/g}$ . Limbah B3 harus diolah terlebih dahulu sebelum dibuang atau dimanfaatkan. Pengolahan limbah B3 secara fisik atau kimia yang umum digunakan adalah stabilisasi-solidifikasi. Stabilisasi adalah proses pencampuran limbah dengan bahan tambahan (aditif) dengan tujuan menurunkan laju migrasi bahan pencemar dari limbah serta untuk mengurangi toksisitas limbah tersebut. Solidifikasi adalah proses pemadatan suatu bahan berbahaya dengan penambahan aditif (Spence dan Shi, 2005). Pembuatan batako dengan prinsip stabilisasi-solidifikasi dari campuran lumpur Pabrik Pasta Gigi, semen, pasir dan air diharapkan mampu mengurangi toksisitas lumpur Pabrik Pasta Gigi. Sehingga, produk berupa batako dapat dimanfaatkan dan mereduksi limbah B3 yang dibuang ke *Secured Landfill*. Sehingga dilakukan penelitian tentang pemanfaatan lumpur Pabrik Pasta Gigi sebagai bahan baku pembuatan batako. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui variasi sampel terbaik sebagai bahan baku pembuatan batako berdasarkan SNI 03-0349-1989 tentang Bata beton untuk pasangan dinding dan mengetahui konsentrasi Pb dalam lindi dari campuran bahan baku serta dari produk stabilisasi-solidifikasi.

## II. METODE

Bahan yang digunakan adalah lumpur hasil samping Instalasi Pengolahan Air Limbah yang telah melewati unit *filter press*, semen Portland, pasir, dan air. Alat yang digunakan adalah saringan 200 mesh, plastik klip, oven, timbangan digital, alat cetak batako berlubang besar, dan alat analisis kuat tekan.

### 2.1. Persiapan lumpur

Lumpur Pabrik Pasta Gigi dikeringkan menggunakan oven dengan suhu  $105^\circ\text{C}$  selama 24 jam. Lumpur yang telah dikeringkan ditumbuk dengan alat penumbuk, kemudian diayak menggunakan saringan 200 mesh. Lumpur yang digunakan sebagai bahan baku adalah lumpur yang lolos saringan 200 mesh. Penggunaan saringan 200 mesh karena lumpur dijadikan substitusi semen Portland yang berukuran 200 mesh.

### 2.2. Pembuatan batako

Variasi batako berlubang besar yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada **Tabel 1**.

**Tabel 1.** Variasi bahan baku batako berlubang besar

Kode	Lumpur	Semen	Pasir	Air
A	1,2% (0,03 kg)	10,8% (0,73 kg)	83% (7 kg)	5% (2,3 L)
B	3,6% (0,10 kg)	8,4% (0,57 kg)	83% (7 kg)	5% (2,3 L)
C	6,0% (0,17 kg)	6,0% (0,40 kg)	83% (7 kg)	5% (2,3 L)
Kontrol	0,0% (0,00 kg)	12,0% (0,80 kg)	83% (7 kg)	5% (2,3 L)

Keterangan:

Kode A = substitusi lumpur 10% terhadap semen

Kode B = substitusi lumpur 30% terhadap semen

Kode C = substitusi lumpur 50% terhadap semen

Variasi substitusi lumpur terhadap semen adalah sebesar 10; 30; dan 50% merupakan asumsi peneliti. Campuran bahan baku ketiga variasi sebelum dicetak, diuji TCLP kandungan Pb menggunakan metode Spektrofotometri Serapan Atom (SSA). Produk yang dihasilkan berupa batako dan diuji pandangan luar, ukuran dan toleransi serta syarat fisis menggunakan metode yang tertulis di SNI 03-0349-1989. Syarat fisis terdiri dari penyerapan air dan kuat tekan. Jumlah batako yang digunakan di masing-masing uji sebanyak 5 buah.

## III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik awal bahan baku meliputi (i) pengujian kandungan  $\text{SiO}_2$  dan  $\text{CaO}$  yang menjadi syarat kimia utama penyusun semen Portland dan (ii) pengujian kandungan logam Cl, F dan Pb. Lumpur Pabrik Pasta Gigi mengandung 10,18%  $\text{SiO}_2$  dan 49,35%  $\text{CaO}$ . Kandungan  $\text{SiO}_2$  dan  $\text{CaO}$  dalam lumpur Pabrik Pasta Gigi lebih rendah dibandingkan

kandungan dalam Semen Portland, namun lebih tinggi dari lumpur IPAL industri agrobisnis dimana lumpur IPAL mengandung 3,21% SiO<sub>2</sub> dan 1,58% CaCO<sub>3</sub> (Rusliansyah, dkk., 2012). Semen Portland mengandung 20,8% SiO<sub>2</sub> dan 65,3% CaO (Wiryasa dan Sudarsana, 2009). Kandungan minimal SiO<sub>2</sub> dan CaO yang dibutuhkan dalam pembentukan ikatan Kalsium silikat (3CaO.SiO<sub>2</sub> dan 2CaO.SiO<sub>2</sub>) sebesar 20% dan 50%. Ikatan Kalsium silikat yang berpengaruh terhadap nilai kuat tekan (Wijanarko, 2009). Lumpur Pabrik Pasta Gigi juga mengandung logam Cl, F dan Pb masing-masing sebesar 7,97; 2,73 dan 8,87 mg/L. Pb adalah salah satu logam berat yang dapat mencemari lingkungan. Logam tersebut dapat dicegah penyebarannya di lingkungan dengan metode stabilisasi-solidifikasi yang diaplikasikan dalam pembuatan batako. Logam yang menjadi fokus adalah logam Pb dikarenakan logam lain konsentrasinya di bawah baku mutu TCLP yang diatur dalam PP RI No. 101 Tahun 2014. Batako dibuat dengan mencampurkan lumpur Pabrik Pasta Gigi, semen, pasir dan air. Kontrol yang digunakan adalah batako yang dibuat dari campuran semen, pasir dan air.

Campuran bahan baku ketiga variasi diuji nilai TCLP logam Pb terlebih dahulu sebelum dicetak. Nilai TCLP logam Pb adalah 0,84 mg/L untuk sampel A; 0,95 mg/L untuk sampel B dan 1,02 mg/L untuk sampel C. Ketiga nilai tersebut masih belum memenuhi baku mutu TCLP logam Pb sebesar 0,50 mg/L. Hasil pengujian TCLP menunjukkan semakin banyak lumpur yang dicampurkan, semakin besar nilai TCLP logam Pb. Bahan baku tersebut harus dicetak dan dikeringkan hingga padat untuk mengurangi logam Pb yang dapat larut dalam air agar memenuhi baku mutu TCLP. Batako yang telah dicetak selanjutnya diuji pandangan luar; ukuran dan toleransi; dan syarat fisis berupa kuat tekan dan penyerapan air. Hasil pengujian dibandingkan dengan SNI 03-0349-1989 untuk menentukan variasi sampel yang memberikan hasil terbaik. Hasil uji pandangan luar batako berlubang besar dapat dilihat pada **Tabel 2**.

Seluruh batako lulus uji pandangan luar yang ditandai dengan tidak adanya kecacatan di bidang permukaannya serta rusuk-rusuknya tidak mudah rapuh saat diangkat menggunakan tangan. Uji ukuran dan toleransi batako berlubang besar menunjukkan seluruh batako memiliki dimensi 390 x 190 x 200 mm (Panjang x Lebar x Tebal) dengan tebal dinding sekatan lubang bagian luar sebesar 25 mm dan bagian dalam sebesar 20 mm. Uji ukuran dan toleransi sesuai persyaratan dalam SNI 03-0349-1989.

**Tabel 2.** Hasil uji pandangan luar batako berlubang besar

Kode	Cacat	Rapuh	Hasil
A	□	□	Lulus
B	□	□	Lulus
C	□	□	Lulus
Kontrol	□	□	Lulus

Syarat fisis berupa penyerapan air adalah kemampuan batako dalam menyerap air setelah direndam selama periode tertentu. Semakin tinggi air yang diserap oleh batako menunjukkan semakin rendah kualitas batako. Sedangkan syarat fisis berupa kuat tekan adalah kemampuan batako dalam menahan suatu beban per satuan luas permukaan. Hasil uji penyerapan air dan kuat tekan dapat dilihat pada **Tabel 3**.

**Tabel 3.** Hasil uji penyerapan air dan kuat tekan batako berlubang besar

Kode	Rerata penyerapan air (%)	Mutu <sup>a</sup>	Kuat tekan (kg/cm <sup>2</sup> )		Mutu <sup>a</sup>
			Rerata	Minimal	
A	18,40	I	62,57	60,26	II
B	21,29	I	56,00	51,54	II
C	24,20	I	40,67	38,72	III
Kontrol	14,98	I	84,13	81,28	I

Keterangan: <sup>a</sup> Baku mutu mengacu SNI 03-0349-1989

Seluruh variasi batako berada di mutu I berdasarkan nilai penyerapan air walaupun nilai rerata penyerapan air berbeda-beda untuk setiap batako yang divariasikan. Hasil pada Tabel 3 menunjukkan semakin banyak lumpur Pabrik Pasta Gigi yang ditambahkan menyebabkan semakin banyak air yang mampu diserap oleh batako. Kemampuan penyerapan air juga dipengaruhi oleh porositas dimana nilai porositas berbanding terbalik dengan nilai densitas. Hasil uji densitas batako berlubang besar dapat dilihat pada **Tabel 4**.

**Tabel 4.** Hasil uji densitas batako berlubang besar

Kode	Densitas (g/cm <sup>3</sup> )
A	0,9804
B	0,8945
C	0,8273
Kontrol	1,0559

Pengujian densitas dilakukan setelah sampel berumur 28 hari karena semakin lama waktu pengeringan, maka semakin tinggi nilai densitasnya akibat sebagian kristal air yang terdapat dalam beton terurai (Sihombing, 2009). Data pada **Tabel 4** menunjukkan bahwa semakin banyak lumpur yang ditambahkan, maka semakin kecil nilai densitasnya. Bila suatu bahan memiliki densitas rendah, dimungkinkan memiliki pori yang banyak sehingga lebih mudah menyerap air. Banyaknya pori juga mempengaruhi nilai kuat tekan. Nilai rerata kuat tekan tertinggi di antara ketiga variasi diperoleh batako dengan campuran lumpur 10%. Hasil pada **Tabel 3** menunjukkan semakin banyak lumpur yang ditambahkan, maka semakin menurun kemampuan batako menahan tekanan. Selain itu, kandungan CaO dan SiO<sub>2</sub> juga memengaruhi nilai kuat tekan karena kedua senyawa tersebut yang berperan dalam pembentukan ikatan Trikalسيوم silikat dan Dikalsium silikat (Wijanarko, 2008). Hasil akhir mutu batako dapat dilihat pada **Tabel 5**. Hasil akhir berupa batako berlubang besar juga diuji TCLP untuk mengetahui konsentrasi Pb dalam lindi batako. Hasil uji TCLP dapat dilihat pada **Tabel 6**.

**Tabel 5.** Mutu batako berlubang besar

Kode	Mutu penyerapan air	Mutu kuat tekan	Mutu akhir
A	I	II	II
B	I	II	II
C	I	III	III
Kontrol	I	I	I

**Tabel 6.** Konsentrasi Pb hasil uji TCLP

Kode	Pb hasil TCLP campuran (mg/L)	Pb hasil TCLP batako (mg/L)	Baku mutu <sup>a</sup> (mg/L)
A	0,84	0,40	0,50
B	0,95	0,45	
C	1,02	0,49	

Keterangan: <sup>a</sup> Baku mutu mengacu PP RI No. 101 Tahun 2014

Ketiga variasi menunjukkan adanya penurunan konsentrasi Pb dalam lindi campuran bahan baku dan batako yang dapat dilihat pada **Tabel 6**. Penurunan konsentrasi Pb ditinjau dari variasi C ke A. Konsentrasi Pb yang larut mengalami penurunan hingga mencapai baku mutu setelah melalui proses stabilisasi-solidifikasi. Solidifikasi merupakan alternatif penanganan lumpur yang bertujuan untuk mengurangi produksi lindi sehingga aman bagi lingkungan. Pergerakan logam berat terhambat karena kogram berat terikat pada ikatan semen melalui solidifikasi menjadi bahan bangunan (Apriliyanti, 2004). Variasi terpilih adalah bahan baku dengan campuran 30% lumpur Pabrik Pasta Gigi walaupun seluruh variasi memenuhi mutu batako. Batako berbahan baku campuran 30% lumpur Pabrik Pasta Gigi (kode B) memiliki mutu yang sama, baik mutu berdasarkan penyerapan air dan kuat tekan, dengan batako berbahan baku campuran 10% lumpur Pabrik Pasta Gigi (kode A). Namun, campuran terpilih adalah 30% dikarenakan lebih banyak memanfaatkan limbah dan konsentrasi Pb berdasarkan hasil uji TCLP sudah memenuhi baku mutu.

#### IV. KESIMPULAN

Variasi sampel yang terpilih sebagai bahan baku batako berlubang besar berdasarkan SNI 03-0349-1989 adalah 30% lumpur yang mensubstitusi semen Portland dengan mutu tingkat II. Konsentrasi Pb dalam lindi bahan baku batako untuk masing-masing variasi adalah 0,84 mg/L; 0,95 mg/L; dan 1,02 mg/L. Sedangkan konsentrasi Pb dalam lindi batako untuk masing-masing variasi adalah 0,40 mg/L; 0,45 mg/L; dan 0,49 mg/L.

#### DAFTAR PUSTAKA

Apriliyanti, P.D. 2004. Kajian Pengelolaan Lumpur IPAL Tekstil dengan Proses Solidifikasi (Studi Kasus Industri Tekstil) di Wilayah Kabupaten Bandung. (*Tugas Akhir*). Bandung: Departemen Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Bandung

- La Grega, M.D., Buckingham, P.L., dan Evans, J.C. 2010. *Hazardous Waste Management 2<sup>nd</sup> Edition*. Amerika Serikat: Waveland Press
- Matar, M. Use of wastewater sludge in concrete mixes. (*Tesis*). Gaza: Civil Engineering Department Faculty of Engineering The Islamic University
- Peraturan Pemerintah Nomor 101 Tahun 2014 tentang Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun
- Rao, R.N. dan Rao, T.N. 2014. Determination of heavy metals in toothpaste containing tin as active ingredients. *Indian Journal of Chemical Technology*. 21:238-243
- Rusliansyah, Fauzi, R., dan Zakhroful, M. 2012. Pemanfaatan Limbah *Sludge* IPAL PT BSKP Sebagai Bahan Substitusi Pembuatan Bata Beton. *Info Teknik*. 13(1):72-81
- Sihombing, B. 2009. Pembuatan dan Karakterisasi Batako Ringan yang Dibuat dari *Sludge* (Limbah Padat) Industri Kertas-Semen. (*Tesis*). Medan: Sekolah Pascasarjana Universitas Sumatera Utara
- SNI 03-0349-1989 tentang Bata Beton untuk Pasangan Dinding
- Spence, R.D., dan Shi, C. 2005. *Stabilization and Solidification of Hazardous, Radioactive, and Mixed Wastes*. Amerika Serikat: CRC Press.
- Wijanarko, W. 2009. Analisis Bahan Jerami Padi Dalam Bentuk *Block* atau Kotak Sebagai Bahan Pengisi Batako. (*Skripsi*) . Surakarta: Universitas Sebelas Maret
- Wiriyasa, N.M.A., dan Sudarsana, I.W. 2009. Pemanfaatan Lumpur Lapindo sebagai Bahan Substitusi Semen Dalam Pembuatan Bata Beton Pejal. *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*. 13(1): 39-46