

# PEMANFAATAN LIMBAH *SLUDGE* INDUSTRI KERTAS SIGARET UNTUK BAHAN BAKU BATA BETON

Henggar Hardiani , Susi Sugesty

Balai Besar Pulp dan Kertas, Jl. Raya Dayeuhkolot No. 132 Bandung  
Telp. (022) 5202980 ; Fax. (022) 5202871; E-mail: bbpk@bbpk.go.id

Naskah diterima tanggal : 25 Oktober 2009

## **UTILIZATION OF SLUDGE WASTE FROM CIGARETTE PAPER INDUSTRY AS RAW MATERIALS FOR CONCRETE BLOCK**

### **ABSTRACT**

*Paper industry is one of industries that produce a lot of waste, especially sludge from waste water treatment installation. The quantity of the sludge waste is about 3-4% of product capacity. Currently, the sludge waste of paper industry in Indonesia has not been conducted yet. The research on utilization of the sludge waste containing calcium carbonate as raw material for concrete block has been carried out. The experiments were done by varying cement portland and aggregate consisted of varied sludge waste and sand. This research aims to find the composition of the sludge waste which comply with the standard requirements of concrete block. The concrete block was then characterized for bending strength and toxicity properties (TCLP test). The results showed that concrete block with the composition of 1 PC : 6 aggregate (40% waste sludge with 60% sand) or 1 PC : 8 Aggregate ( 30% waste sludge with 70% sand) meet the category of class II and III according to SNI 03-0348-1989. Based on TCLP test, the concrete block does not give any environmental pollution risk.*

*Keywords: cigarette paper, sludge waste, utilization, concrete block, bending strength,*

### **INTISARI**

Industri kertas merupakan salah satu industri yang banyak menghasilkan limbah, terutama limbah padat dari Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL). Jumlah produksi limbah padat IPAL industri kertas sangat besar berkisar antara 3 - 4 % dari kapasitas produksinya. Saat ini, pengelolaan limbah padat IPAL industri kertas di Indonesia belum dilakukan secara baik. Penelitian pemanfaatan limbah padat IPAL industri kertas yang mengandung kalsium karbonat telah dilakukan sebagai bahan campuran pembuatan bata beton dengan memvariasikan semen (PC) dengan agregat. Agregat terdiri dari campuran sludge dan pasir yang komposisinya divariasikan. Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh komposisi campuran limbah padat IPAL sebagai bahan baku pembuatan bata beton yang dapat menghasilkan produk sesuai standar. Produk bata beton yang dihasilkan diuji kekuatan tekan dan uji TCLP. Hasil penelitian menunjukkan bahwa bata beton dapat dibuat dengan campuran 1 PC : 6 Agregat ( 40% limbah padat dengan 60% pasir) atau campuran 1 PC : 8 Agregat ( 30% limbah padat dengan 70% pasir) dimana bata beton yang dihasilkan termasuk kelas II dan III menurut SNI 03-0348-1989 tentang mutu bata beton pejal. Penelitian terhadap aspek lingkungan menunjukkan bahwa uji TCLP produk bata beton tidak memberikan risiko pencemaran lingkungan

Kata kunci : kertas sigaret, limbah *sludge*, pemanfaatan, bata beton, kuat tekan

## PENDAHULUAN

Salah satu potensi pencemaran lingkungan yang harus dikelola oleh industri kertas adalah limbah *sludge*. Limbah *sludge* di industri kertas saat ini jumlahnya cukup besar, kontribusi terbesar berasal dari *sludge* hasil pengolahan air limbah. Di lokasi pabrik limbah *sludge* tersebut hanya ditumpuk dan belum dikelola dengan baik, sehingga selain menimbulkan gangguan terhadap estetika, juga menyebabkan pencemaran tanah, air tanah dan menimbulkan bau bagi masyarakat sekitar.

Perkembangan regulasi Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup yang semakin ketat (UU No. 32 tahun 2009) mendorong industri pulp dan kertas untuk lebih meningkatkan upaya pengelolaan lingkungannya. Limbah *sludge* dari industri pulp dan kertas dalam Peraturan Pemerintah Nomor 18 tahun 1999 dan perubahannya Peraturan Pemerintah Nomor 85 tahun 1999 tentang Pengelolaan Limbah B3, tidak dicantumkan dalam daftar limbah kategori B3 dari sumber yang spesifik kecuali yang terkontaminasi dengan tinta (proses deinking). Namun demikian, tidak berarti limbah yang dihasilkan dari kegiatan industri pulp dan atau kertas digolongkan sebagai limbah non B3. Pada PP RI No. 18 / 1999 Jo. PP No. 85 / 1999 tentang "Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya & Beracun", menjelaskan bahwa setiap industri wajib melakukan identifikasi limbahnya, apakah termasuk dalam limbah B3 atau bukan.

Untuk limbah *sludge*, pemerintah tidak mengeluarkan peraturan baku mutu berdasarkan jenis industri seperti untuk limbah cair. Bagi limbah *sludge*, seperti halnya peraturan limbah *sludge* di luar negeri, pengaturan dilakukan bagi seluruh industri dengan menggolongkan limbah *sludge* menjadi limbah B3 atau non-B3. Di Indonesia, peraturan yang secara khusus mengatur tentang pengelolaan limbah non B3 masih belum ada, sehingga peraturan yang sering dijadikan dasar dalam pelaksanaan pemanfaatan limbah industri, adalah Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup No 02 Tahun 2008 tentang "Pemanfaatan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun". Pasal 2, 3 dan 11 pada peraturan tersebut menjelaskan bahwa pemanfaatan limbah B3 dapat dilakukan dengan cara *reuse*, *recycle* dan *recovery* dengan mengutamakan perlindungan terhadap kesehatan dan keselamatan manusia serta perlindungan

kelestarian lingkungan hidup dengan menerapkan prinsip kehati-hatian.

Saat ini pengelolaan limbah *sludge* di industri kertas masih menjadi permasalahan yang belum terselesaikan. Oleh karena itu, diperlukan solusi dengan memanfaatkan potensi yang dimiliki limbah *sludge* tersebut, sehingga diperlukan tersedianya teknologi. Penanganan limbah melalui kegiatan pemanfaatan merupakan langkah pengelolaan yang dirasa tepat, mengingat bahwa mengubah karakteristik limbah menjadi bahan yang bersifat tidak berbahaya dan beracun bahkan dapat mengubah menjadi produk yang bernilai ekonomi.

Limbah *sludge* pada umumnya sebesar 1-3% berat produk untuk industri pulp dan kertas terpadu, sedangkan untuk industri kertas yang menggunakan virgin pulp limbah *sludge* yang dihasilkan sekitar 0,6-0,7 % berat produk dan untuk industri kertas yang menggunakan bahan baku kertas bekas sekitar 0,8-1,2% berat produk (Purwati, dkk, 2006).

Komponen utama limbah *sludge* industri kertas adalah bahan organik sehingga banyak dimanfaatkan menjadi kompos, sedangkan khusus untuk limbah *sludge* industri kertas sigaret sebagian besar mengandung komponen kalsium karbonat (sekitar 60%) selain bahan organik. Komposisi bahan anorganik yang terkandung cukup tinggi tersebut menyebabkan limbah *sludge* industri kertas sigaret tidak efektif untuk dimanfaatkan sebagai kompos. Atas dasar kandungan anorganik yang cukup tinggi terutama berupa  $\text{CaCO}_3$  maka memiliki potensi untuk dimanfaatkan sebagai bahan bangunan atau bata beton. Di dalam bahan bangunan, kalsium karbonat dapat berfungsi sebagai bahan aditif atau sebagai bahan utama dalam pembuatan bata beton, sehingga limbah *sludge* dapat digunakan sebagai substitusi bahan bakunya.

Pemanfaatan limbah *sludge* industri kertas sigaret sebagai bahan bangunan bata beton merupakan salah satu alternatif yang dapat diaplikasikan. Keuntungan dari pemanfaatan ini adalah dapat mengatasi permasalahan pembuangan limbah *sludge* dan diharapkan dapat mendukung program pemerintah dalam pengadaan bahan bangunan perumahan murah. Oleh karena itu telah dilakukan penelitian yang bertujuan untuk memperoleh komposisi campuran limbah *sludge* sebagai bahan baku pembuatan bata beton yang dapat menghasilkan produk sesuai standar.

Bata beton (*concrete block*) merupakan bahan bangunan inovatif yang sudah banyak dikenal masyarakat dan sudah selayaknya mulai dilakukan diversifikasi dari segi bahan baku, mengingat bahan baku dari bahan galian golongan C sudah mulai dibatasi penambangannya, disamping itu harga pasir juga semakin mahal. Salah satu cara diversifikasi bahan baku adalah substitusi atau mencampur pasir dengan bahan alternatif yang lebih murah. Pilihan yang paling tepat terhadap bahan alternatif tersebut adalah bahan limbah yang dianggap tidak memiliki nilai ekonomi lagi, namun memiliki karakteristik yang mendukung. Bata beton adalah suatu jenis komponen bangunan berbentuk prisma yang dibuat dari bahan utama *portland cement* (PC), air dan pasir. Umumnya Bata beton dipergunakan untuk pasangan dinding pada bangunan rumah. Bata beton dibagi menjadi dua bentuk, yaitu :

- a. Bata beton pejal adalah bata yang memiliki penampang pejal lebih besar 75% dari luas penampang seluruhnya dan memiliki volume pejal lebih besar dari 75% dari volume bata seluruhnya
- b. Bata beton berlobang adalah bata yang mempunyai luas penampang lobang lebih dari 25% luas penampang batanya dan volume lobang lebih dari 25% volume bata seluruhnya.

Klasifikasi bata beton pejal maupun berlubang dibagi menurut tingkat mutunya, yaitu tingkat I, II, III dan IV menurut SNI-03-0348-1989 tentang Mutu dan Cara Uji Bata Beton, setiap tingkat dibedakan berdasarkan kekuatan tekan rata-rata, seperti yang terlihat pada Tabel 1.

Dalam pembuatan bata beton bahan utama lain yang perlu diperhatikan adalah agregat (pasir atau bahan lainnya) merupakan bahan pengisi yang digunakan untuk membuat adukan. Agregat berpengaruh terhadap sifat fisik tahanan susut, keretakan dan kekerasan pada produk, sehingga agregat harus bermutu baik. Persyaratan mutu agregat dapat dilihat pada Tabel 2

Apabila kadar lumpur > 5% maka agregat harus dicuci terlebih dahulu. Selain persyaratan mutu perlu diperhatikan juga persyaratan susunan butiran, apabila diayak dengan susunan ayakan yang sudah ditentukan, harus masuk pada salah satu dalam daerah susuna butir menurut zona 1 (berbutir kasar), zona 2 (berbutir agak kasar), zona 3 (berbutir agak halus) atau zona 4 (berbutir halus). Susunan butir dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 1. Klasifikasi Bata Beton Menurut SNI-03-0348-1989

No	Syarat Fisik	Satuan	Tingkat Mutu Bata <sup>2)</sup>							
			Bata Pejal				Bata Berlubang			
			I	II	III	IV	I	II	III	IV
1	Kuat tekan rata-rata minimum	kg/cm <sup>2</sup>	100	79	40	25	70	50	35	20
2	Kuat tekan bruto <sup>1)</sup> benda uji minimum	kg/cm <sup>2</sup>	90	65	35	21	65	45	30	17
3	Penyerapan air rata – rata maksimum	%	25	35	-	-	25	35	-	-

Catatan :

1) Kuat tekan bruto adalah beban tekan keseluruhan pada waktu benda uji pecah dibagi dengan luas ukuran nyata dari permukaan bata yang tertekan, termasuk luas lobang serta cekungan tepi.

2) Tingkat Mutu :

Tingkat I : untuk dinding non struktural terlindungi

Tingkat II : untuk dinding struktural terlindungi (boleh ada beban)

Tingkat III : untuk dinding non struktural tak terlindungi boleh terkena hujan dan panas

Tingkat IV : untuk dinding non struktural terlindungi dari cuaca

Tabel 2. Persyaratan Agregat untuk Pembuatan Bata Beton

Parameter	Nilai
Kandungan bagian yang lewat ayakan (saringan) Susunan besar butir mempunyai modulus kehalusan	0,075mm > 5% berat 1,5 – 3,8 dengan bagian yang lolos saringan 0,30 mm atau min 15%.
Kadar organik ditentukan dengandirendam dalam larutan 3% NaOH Kekerasan butir	Cairan di atas endapan tidak boleh lebih gelap dari warna larutan pembanding (warna standar) jika dibandingkan dengan kekerasan butir pasir pembanding yang berasal dari pasir kwarsa memberikan angka hasil bagi > 2,20
Kandungan lumpur (butiran agregat yang lolos melalui ayakan 0,060 mm) Sifat kekal diuji dengan larutan jenuh garan sulfat	Kadar lumpur harus < 5% (berat kering) a. Jika dipakai Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> bagian yang hancur maks. 12% b. Jika dipakai MgSO <sub>4</sub> bagian yang hancur maks. 10%

Sumber : Puslitbang Permukiman, Bandung, 2004

Tabel 3. Gradasi Agregat Halus Beton

Lubang ayakan (mm)	% Berat yang lolos kumulatif			
	Zona I	Zona II	Zona III	Zona IV
9,60	100	100	100	100
4,80	90 - 100	90 - 100	90 - 100	90 - 100
2,38	60 - 95	75 - 100	85 - 100	95 - 100
1,18	30 - 70	55 - 90	75 - 100	90 - 100
0,60	15 - 34	35 - 59	60 - 79	80 - 100
0,30	5 - 20	8 - 30	12 - 40	15 - 50
0,15	0 - 10	0 - 10	0 - 10	0 - 15

Sumber : Puslitbang Permukiman, Bandung, 2004

## BAHAN DAN METODA

### Bahan

- Bahan percobaan yang digunakan dalam penelitian ini adalah :
- limbah *primary sludge* yang mengandung kalsium karbonat berasal dari Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) industri kertas sigaret yang menggunakan proses pengolahan kimia
  - semen portland tipe I
  - pasir (agregat halus) jenis A (pasir lokal daerah Jawa Barat) dan jenis B (Cimalaka)

### Metoda

Metoda penelitian dilakukan dengan taha-pan kegiatan sebagai berikut :

Tahap persiapan

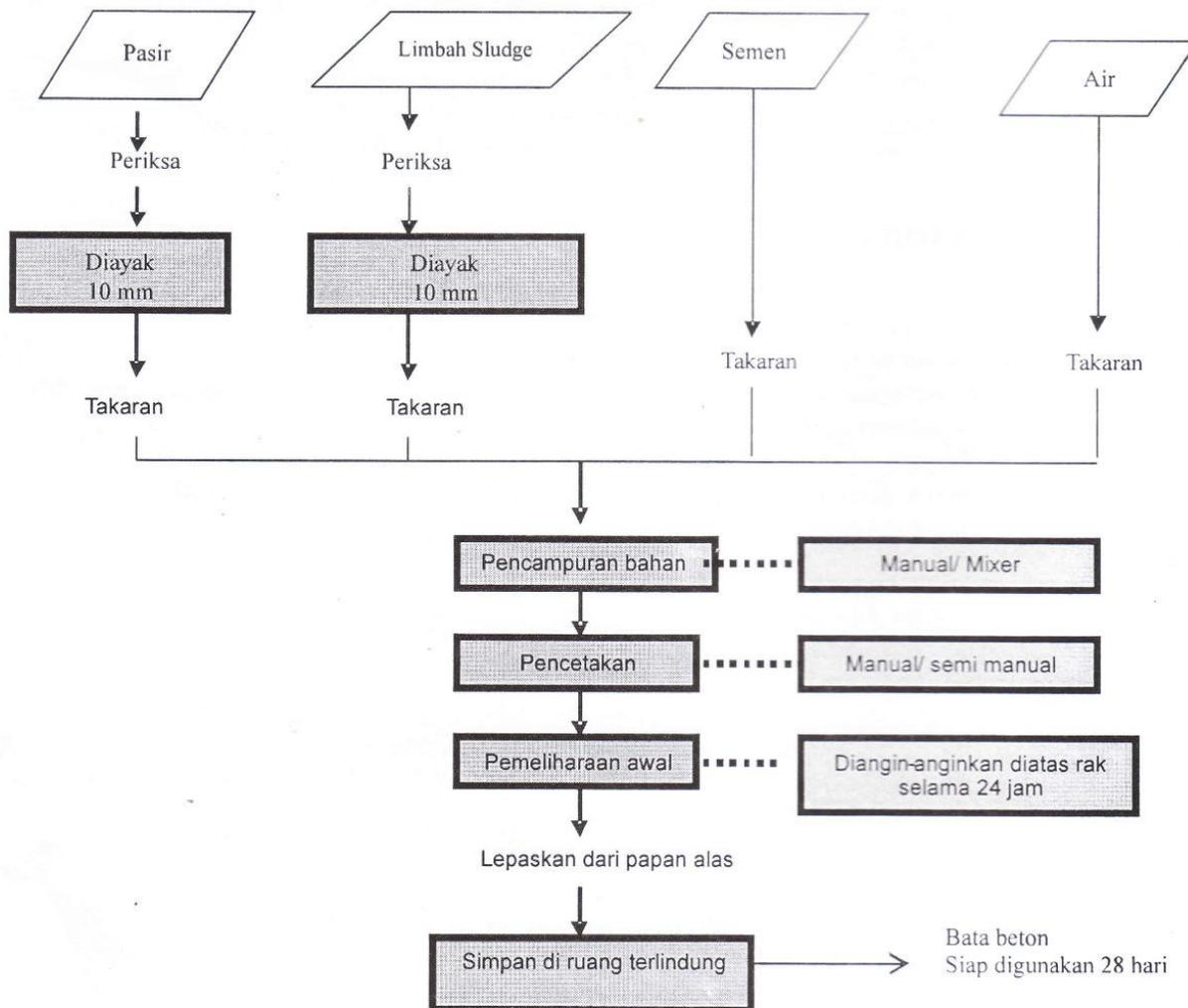
- a) Karakterisasi dan identifikasi limbah *sludge* industri kertas sebagai indikator pencemaran lingkungan dilakukan berdasarkan data sekunder, meliputi analisis *on waste* yang mengacu kepada Kep BAPEDAL No. 04/ 1995 dan analisis TCLP (*Toxicity Characteristic Leaching Procedure*) mengacu pada PP 18 jo. 85 Tahun 1999 serta uji toksisitas akut limbah (LD-50).
- b) Uji potensi bahan terhadap limbah *sludge*, meliputi : senyawa organik; total selulosa; CaO; CaCO<sub>3</sub>; SiO<sub>2</sub>.
- c) Analisis pasir, meliputi: uji sifat fisik agregat meliputi parameter kadar air, kadar lumpur, penyerapan air, berat jenis; bobot isi gembur dan bobot isi padat dan kadar zat organik.

Tahap pembuatan bata beton

- b) Bahan-bahan penyusun, semen dan pasir serta limbah *sludge* disiapkan dan ditakar sesuai dengan kebutuhan pada masing-masing variasi volume adukan. Tahapan proses pembuatan bata beton dapat dilihat pada bagan alir Gambar 1
- c) Pengujian terhadap produk bata beton meliputi parameter kuat tekan pada umur 14 hari dan 28 hari dengan ulangan sebanyak 3 kali. Pengujian bata beton berlobang sesuai dengan SNI 03-0349-1989 Bata Beton untuk Pasangan Dinding.
- d) Uji TCLP terhadap produk bata beton

Tabel 4. Proporsi Campuran untuk Pembuatan Bata Beton

Komposisi	Agregat		Agregat	
	Limbah <i>Sludge</i> (%)	Pasir A(%)	Limbah <i>Sludge</i> (%)	Pasir B(%)
1 PC : 10 agregat	0	100	-	-
	40	60	-	-
	60	40	-	-
1 PC : 8 agregat	0	100	0	100
	-	-	30	70
	40	60	40	60
	60	40	-	-
	100	0	-	-
1 PC : 6 agregat	0	100	0	-
	-	-	30	70
	40	60	-	-
	60	40	-	-
	100	0	-	-



Gambar 1. Diagram Alir Proses Pembuatan Bata Beton

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Karakteristik Limbah *Sludge*

Mengacu pada PP No. 18 tahun 1999 dan perubahannya PP No. 85 tahun 1999 yang terkait dengan limbah B3, telah dilakukan karakterisasi terhadap limbah *sludge* yang meliputi analisis *on-waste* (khusus logam berat), TCLP dan LD50. Hasil analisis *on-waste* logam berat total dapat dilihat pada Tabel 5.

Berdasarkan hasil evaluasi yang mengacu kepada peraturan Kep-04/Bapedal/09/1995 menunjukkan bahwa kadar seluruh logam berat dalam limbah *sludge* IPAL (As, Ba, Cd, Cr, Cu, Co, Pb, Hg, Mo, Ni, Sn, Se, Ag dan Zn) lebih kecil dari batas persyaratan nilai pada kolom A maupun kolom B. Berarti limbah *sludge* tersebut tidak menunjukkan indikasi pencemaran sebagai limbah B3 dan dapat ditimbun dengan persyaratan landfill kategori III.

Selanjutnya dilakukan indentifikasi terhadap analisis TCLP dan LD50. Analisis logam berat TCLP dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 5. Hasil Analisa Logam Berat Total (*On-Waste*)

Parameter uji	Nilai hasil uji	Baku mutu (Kep.04/Bapedal/IX/1995)	
		A	B
Arsenic, As	<0.02	300	30
Barium, Ba	9.38	-	-
Cadmium, Cd	<0.04	50	5
Chromium, Cr	<0.07	2500	250
Copper, Cu	5.82	1000	100
Cobalt, Co	<0.07	500	50
Lead, Pb	<0.4	3000	300
Mercury, Hg	0.0669	20	2
Molybdenum, Mo	<0.08	400	40
Nickel, Ni	<0.15	1000	100
Tin, Sn	5.5	500	50
Selenium, Se	<0.02	100	10
Silver, Ag	0.57	-	-
Zinc, Zn	25.13	5000	500

Sumber : Kerjasama BBPK dengan Industri Kertas, 2008

Tabel 6. Hasil Analisa TCLP Limbah *Sludge*

Parameter	Hasil analisa TCLP (mg/L)	Baku Mutu, mg/l, (PP. 85/1997)
Arsenic, As	0.001	5
Barium, Ba	0.37	100.0
Boron, Bo	7.24	500.0
Cadmium, Cd	<0.005	1.0
Chromium, Cr	<0.05	5.0
Copper, Cu	<0.03	10.0
Free Cyanide	<0.01	20.0
Fluoride, F	0.31	150.0
Lead, Pb	<0.01	5.0
Mercury, Hg	<0.001	0.2
Nitrate + Nitrite	26.33	1000.0
Nitrite	<0.03	100.0
Selenium, Se	<0.07	1.0
Silver, Ag	<0.03	5.0
Zinc, Zn	0.10	50.0

Sumber : Kerjasama BBPK dengan Industri Kertas, 2008

Hasil analisis menunjukkan bahwa nilai TCLP seluruhnya berada pada konsentrasi sangat rendah jauh di bawah konsentrasi maksimum kontaminan menurut PP No. 18/1999 jo PP No. 85/1999 tentang Pengelolaan Limbah B3. Dalam KEPMEN LH No 02 Tahun 2008, hal ini menunjukkan bahwa limbah B3 dapat dimanfaatkan dengan mengutamakan perlindungan perhadap kesehatan, keselamatan manusia dan lingkungannya. Kondisi ini didukung pula dari hasil uji toksisitas LD50 yang menunjukkan bahwa limbah *sludge* memberikan nilai 20.000 mg/kg berat badan lebih besar dari 15.000 mg/kg berat badan, sehingga termasuk dalam klasifikasi *Practically non toxic* menurut PP No. 74 tahun 2001.

Berdasarkan hasil evaluasi analisis on waste, TCLP dan toksisitas tersebut, limbah *sludge* tersebut relatif tidak membahayakan lingkungan dan memungkinkan untuk dimanfaatkan sesuai potensi yang ada. Pemanfaatan yang dilakukan dengan eliminasi bahan pencemar yang terkandung didalamnya merupakan alternatif pengelolaan limbah yang perlu dikembangkan dan diteliti lebih lanjut menjadi produk yang bernilai ekonomi.

#### Potensi Pasir dan Limbah *Sludge* yang Digunakan sebagai Agregat

Agregat halus atau disebut pasir sangat berperan menentukan mudahnya pengerjaan (*workability*), kekuatan (*strength*) dan tingkat

keawetan beton (*durability*), sehingga mutu pasir perlu dikendalikan agar dihasilkan bata beton yang lebih seragam. Analisis uji fisik agregat (pasir dan limbah *sludge*) yang meliputi parameter kadar air, kadar lumpur, penyerapan air, berat jenis, bobot isi gembur dan bobot isi padat, dapat dilihat pada Tabel 7

Hasil analisis sifat fisik agregat, ternyata menunjukkan pasir A mengandung kadar lumpur sangat tinggi, yaitu sebesar 33,47% berat kering, sedangkan pasir B sebesar 9,31% berat kering. Nilai tersebut menunjukkan kadar diatas kisaran persyaratan, yaitu pasir agregat halus tidak boleh mengandung lumpur > 5%. Namun untuk limbah *sludge* kadar lumpur sebesar 3,97% berat kering, nilai ini masih memenuhi persyaratan. Sifat fisik agregat ini dapat mempengaruhi kuat tekan bata beton yang dihasilkan. Dari data karakteristik agregat tersebut diatas menunjukkan bahwa limbah *sludge* dapat digunakan sebagai bahan campuran untuk pembuatan bata beton.

Jenis pasir ternyata mempengaruhi kuat tekan produk. Kecenderungan pengaruh pemakaian jenis pasir terhadap kuat tekan menunjukkan bahwa dengan proporsi campuran yang sama, pasir jenis A mempunyai kuat tekan lebih rendah, yaitu hanya sebesar 25,11 kg/cm<sup>2</sup> dibandingkan dengan pasir jenis B menunjukkan kuat tekan cukup besar 73,80 kg/cm<sup>2</sup>. Nilai-nilai tersebut ditunjukkan pada kondisi pembuatan bata beton pada komposisi 1 PC:8 agregat dan 1 PC: 6 agregat seperti pada Gambar 2

Tabel 7. Karakteristik Fisik Agregat

Parameter	Satuan	Jenis Bahan			Persyaratan
		Limbah <i>Sludge</i>	Pasir Jenis A	Pasir Jenis B	
Kadar Air	%	14,77	24,15	15,47	-
Kadar Lumpur	%	3,97	33,47	9,31	<5
Penyerapan Air	%	15,13	26,20	5,42	-
Berat jenis	g/mL	2,43	2,37	2,45	2,5-2,70
Bobot Isi, Gembur	kg/L	0,67	1,21	1,495	-
Bobot Isi Padat	kg/L	0,93	1,35	1,756	-

Gambar 2. Pengaruh Pemakaian Jenis Pasir Terhadap Nilai Kuat Tekan

**Potensi Limbah Sludge IPAL**

Hasil analisa komposisi limbah *sludge* IPAL menunjukkan bahwa sebagian besar komponen limbah *sludge* adalah  $\text{CaCO}_3$  (kapur) dan serat dengan komposisi seperti terlihat pada Tabel 8.

Berdasarkan data hasil uji kimia ternyata limbah *sludge* cukup baik untuk digunakan sebagai bahan baku pembuatan bata beton, mengingat bahwa kandungan senyawa kalsium  $\text{CaCO}_3$  dalam limbah *sludge* cukup tinggi yaitu diatas 60%, sehingga kemungkinan dalam pembuatan produk bata beton tidak akan banyak mengalami penyusutan. Komponen anorganik dalam limbah *sludge* tergantung pada bahan kimia yang ditambahkan selama proses produksi dan pada saat pengolahan di IPAL.

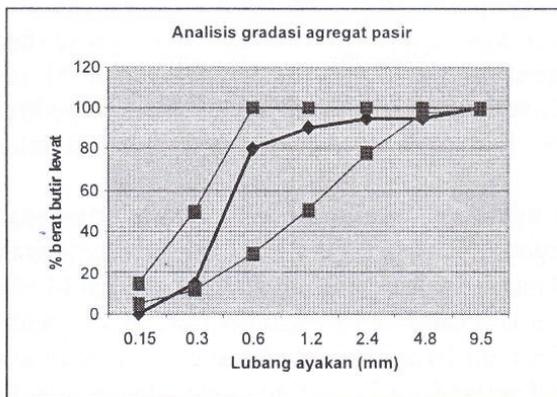
Hal ini menunjukkan bahwa limbah *sludge* cukup mendukung sebagai substitusi bahan baku pembuatan bata beton. Namun

demikian selain sifat kimia limbah *sludge* masih ada persyaratan lain dalam campuran agregat, yaitu sifat fisik pasir yang digunakan. Pembuatan bata beton berlubang dipengaruhi oleh spesifikasi bahan dasar sebagai campuran agregat. Hasil analisis susunan gradasi limbah *sludge* dan pasir dapat dilihat pada Gambar 3 dan Gambar 4.

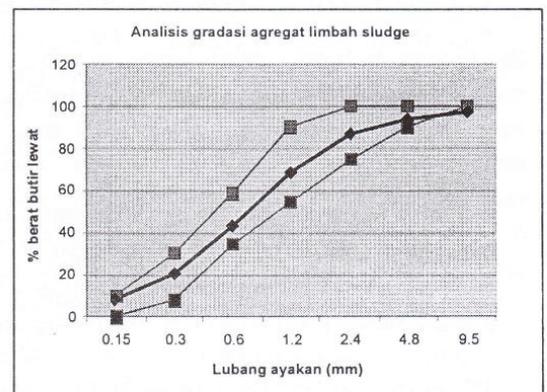
Dari Gambar 3 menunjukkan bahwa susunan gradasi bahan pasir yang digunakan masuk dalam daerah memenuhi persyaratan Zona IV yang dikelompokkan sebagai bahan agregat berbutir halus, sedangkan gradasi limbah *sludge* memenuhi persyaratan Zona II yang dikelompokkan sebagai bahan agregat berbutir agak kasar (Gambar 4). Dari hasil evaluasi menunjukkan bahwa susunan gradasi pasir dan limbah *sludge* tidak jauh berbeda, sehingga dapat dicampur. Dengan demikian limbah *sludge* diharapkan dapat digunakan sebagai substitusi agregat dalam pembuatan komponen bahan pembuatan bata beton berlubang

Tabel 8 Hasil Analisis Komposisi Limbah *sludge*

No	Parameter	Satuan	Limbah <i>sludge</i> IPAL
1	Senyawa Organik	%	32,17-40,87
2	Total Selulosa	%	13,38-25,31
3	CaO	%	39,55-40,58
4	$\text{CaCO}_3$	%	59,13-67,83
5	$\text{SiO}_2$	%	0,64-0,95



Gambar 3. Data Analisis Ayak Pasir



Gambar 4. Data Analisis Ayak Sludge

## Pengaruh Limbah *Sludge* dalam Pembuatan Bata Beton

Keuntungan yang diperoleh dengan adanya pemakaian limbah *sludge* dalam jumlah besar untuk pembuatan bata beton adalah dengan nilai ekonomi yang diperoleh sebagai produk samping, disamping itu juga mengurangi permasalahan lingkungan. Secara umum harga agregat lebih murah dari pada semen, sehingga penggunaannya selalu diusahakan dengan persen pemakaian yang lebih besar tanpa mengurangi kualitas produk. Penggunaan tersebut tentunya tetap memperhatikan sifat dari agregat karena sifat tersebut akan mempengaruhi daya tahan (*durability*), stabilitas volume dan kuat tekannya, sehingga harus diperhatikan untuk mengontrol mutunya.

Pembuatan bata beton dilakukan dengan berbagai variasi komposisi campuran PC dan Agregat. Pengamatan hasil penelitian dilakukan terhadap sifat mekanik Kuat Tekan ( $\text{kg/cm}^2$ ) bata beton berlubang dibandingkan dengan kualitas mutu sesuai dengan SNI 03-0348-1989 tentang Mutu dan Cara uji Bata beton Berlubang. Pola kecenderungan nilai kuat tekan bata beton berlubang dengan berbagai komposisi 1 PC : 10 Agregat ; 1 PC : 8 Agregat dan 1 PC : 6 Agregat dengan variasi Agregat 100%; 60%; 40% dan 0% limbah *sludge*. Pada umumnya umur (*curing*) dilakukan selama 28 hari, namun dicoba juga pada 14 hari. Pembuatan bata beton menggunakan pasir A memberikan nilai kuat tekan seperti ditampilkan pada Tabel 9.

Tabel 9. Nilai Kuat Tekan dengan Pasir A

B \ A	0	40	60	100
1 PC : 10 Agregat	23,41	12,58	5,51	-
1 PC : 8 Agregat	25,11	12,09	5,81	4,85
1 PC : 6 Agregat	28,00	17,67	14,43	7,22

Catatan A : Komposisi campuran PC dan agregat

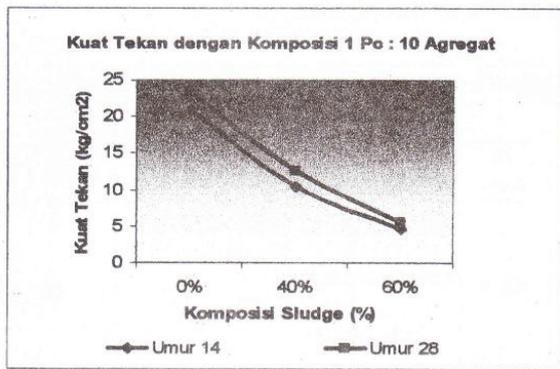
B : Komposisi *sludge* dalam agregat

Secara keseluruhan kecenderungan kuat tekan bata beton menurun seiring dengan meningkatnya komposisi limbah *sludge*, kecenderungan ini seperti yang terlihat pada Gambar 5. Kondisi ini ditunjukkan oleh data pada komposisi 1 PC : 10 agregat dengan campuran komposisi 60% limbah *sludge* dan 40% pasir, nilai kuat tekan yang diperoleh sebesar  $5,51 \text{ kg/cm}^2$  (28 hari), kemudian diturunkan komposisi limbah *sludge* 40% dan 60% pasir, ternyata nilai kuat tekannya meningkat menjadi  $12,58 \text{ kg/cm}^2$  (28 hari). Bila dibandingkan dengan kontrol tanpa penambahan limbah *sludge*, ternyata nilai kuat tekan yang diperoleh cukup tinggi sebesar  $23,41 \text{ kg/cm}^2$  (28 hari), hal ini menunjukkan bahwa meningkatnya komposisi limbah *sludge* sangat mempengaruhi menurunnya kuat tekan bata beton yang dihasilkan.

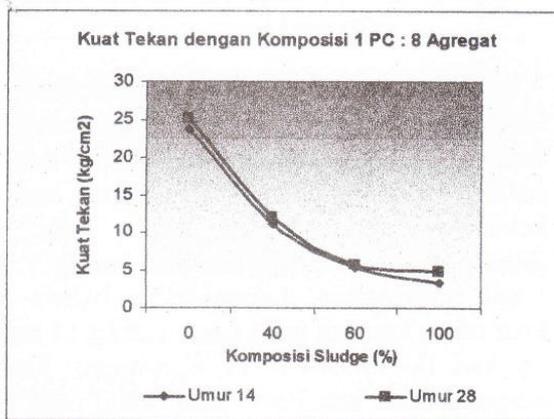
Selanjutnya kondisi diubah dengan menurunkan perbandingan PC dengan agregat, yaitu dengan komposisi 1 PC : 8 agregat. Hasil kuat tekan bata beton yang diperoleh ternyata sedikit lebih tinggi dibandingkan dari pada komposisi 1 PC : 10 agregat, pola kecenderungan tersebut dapat dilihat pada Gambar 6. Data penelitian menunjukkan bahwa campuran 40 % limbah *sludge* dengan 60 % pasir, kuat tekan yang diperoleh  $12,09 \text{ kg/cm}^2$  (28 hari), kemudian menurun kuat tekannya seiring dengan peningkatan pemakaian limbah *sludge*. Komposisi 60 % limbah *sludge* dengan 40 % pasir, kuat tekan menurun menjadi  $5,81 \text{ kg/cm}^2$  (28 hari). Kondisi ini disebabkan oleh limbah *sludge* mempunyai kuat tekan yang sangat rendah dari data 100 % limbah *sludge*, kuat tekannya hanya sebesar  $4,05 \text{ kg/cm}^2$  (28 hari).

Pola kecenderungan yang sama terhadap nilai kuat tekan bata beton sangat dipengaruhi oleh komposisi perbandingan campuran PC : Agregat (pasir dan limbah *sludge*). Percobaan dengan komposisi 1 PC : 6 Agregat (Gambar 7) untuk komposisi limbah *sludge* paling sedikit (40 % limbah *sludge* dengan 60 % pasir) masih menunjukkan nilai kuat tekan yang belum memenuhi kriteria mutu menurut SNI 03-0348-1989 tentang Mutu dan Cara uji Bata beton Berlubang, walaupun untuk kelas IV paling rendah (kuat tekan  $20 \text{ kg/cm}^2$ ). Namun komposisi ini sudah ada peningkatan nilai kuat tekan dibandingkan dengan komposisi PC : agregat lainnya, yaitu dengan meningkatnya nilai kuat tekan menjadi  $17,67 \text{ kg/cm}^2$  (28 hari) atau naik sebesar 31,6%.

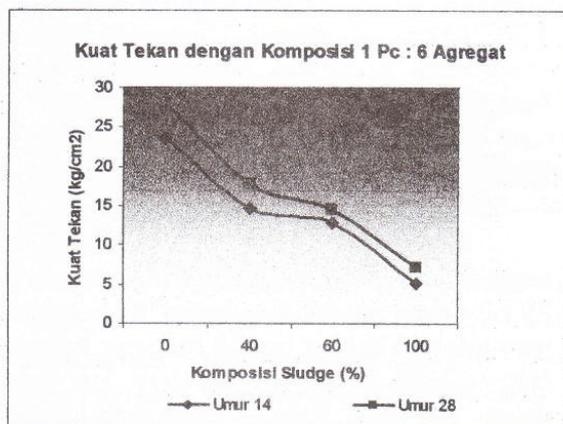
Hasil analisis dari beberapa variasi komposisi menunjukkan bahwa pasir A yang digunakan dalam percobaan ini kurang baik, karena kadar lumpur dalam pasir cukup tinggi, yaitu 33,47% berat



Gambar 5. Kuat Tekan Bata Beton dengan Komposisi 1 PC : 10 Agregat



Gambar 6. Kuat Tekan Bata Beton dengan Komposisi 1 PC : 8 Agregat



Gambar 7. Kuat Tekan Bata Beton Dengan Komposisi 1 PC : 6 Agregat

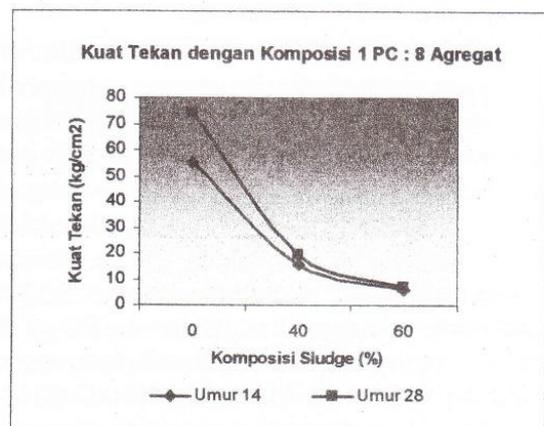
Untuk meningkatkan kuat tekan bata beton dilakukan percobaan dengan menggunakan jenis pasir yang lain yaitu pasir jenis B yang datanya dapat dilihat pada Tabel 10.

Tabel 10. Nilai Kuat Tekan dengan Pasir B

B \ A	0	40	60
1 PC : 8 Agregat	73,80	19,37	6,93

Catatan A : Komposisi campuran PC dan agregat  
B : Komposisi sludge dalam agregat

Kuat tekan yang dihasilkan dari beberapa variasi komposisi dapat dilihat pada Gambar 8. Komposisi campuran agregat 40 % pasir B dan 60% limbah *sludge*, hasil kuat tekannya masih rendah 6,93 kg/cm<sup>2</sup> (28 hari), selanjutnya dicoba dengan menurunkan komposisi limbah *sludge*, komposisi agregat 60 % pasir B dan 40% limbah *sludge*, hasil kuat tekannya cenderung meningkat menjadi 19,37 kg/cm<sup>2</sup> (28 hari) atau naik sebesar 64,2%. Nilai kuat tekan ini lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan menggunakan jenis pasir A.



Gambar 8. Kuat Tekan Bata Beton Dengan Komposisi 1 PC : 8 Agregat

Langkah percobaan berikutnya untuk mendapatkan kondisi terbaik untuk memperoleh hasil kuat tekan yang lebih baik. Percobaan dilakukan dengan menggunakan pasir B dan perubahan komposisi agregat 70 % pasir B dan 30 % limbah *sludge* pada komposisi 1 PC : 6 agregat dan komposisi 1 : 8. Hasil analisis kuat tekan dengan variasi waktu curing dapat dilihat pada Tabel 11.

Tabel 11. Hasil Pengujian Kuat Tekan Bata Beton

Komposisi	Agregat	Kuat Tekan Rata-rata (kg/cm <sup>2</sup> )				Kuat Tekan Rata-rata (kg/cm <sup>2</sup> ) menurut SNI-03-0348-1989			
		3 hari	7 hari	14 hari	28 hari	Kelas I	Kelas II	Kelas III	Kelas IV
1 PC : 6 agregat	70% pasir B, 30% sludge	35,5	44,1	54,5	54,5	70	50	35	20
1 PC : 8 agregat	70% pasir B, 30% sludge	21,8	30,6	34,5	38	70	50	35	20

Hasil kuat tekan pada Tabel 11 menunjukkan bahwa campuran agregat 70 % pasir B dan 30 % limbah *sludge* pada komposisi 1 PC : 6 Agregat, kuat tekan yang diperoleh sebesar 54,5 kg/cm<sup>2</sup>. Nilai tersebut telah memenuhi persyaratan sebagai produk Kelas II yang dapat digunakan untuk dinding struktural terlindungi (boleh ada beban) sesuai dengan mutu menurut SNI 03-0348-1989.

Untuk meningkatkan penggunaan limbah *sludge* yang optimal dicoba dengan mengubah perlakuan komposisi 1 PC : 8 Agregat dengan campuran tetap, yaitu agregat 70 % pasir B dan 30 % limbah *sludge*. Hasil percobaan ternyata menunjukkan bahwa kuat tekan yang diperoleh menurun cukup rendah, yaitu hanya sebesar 38,0 kg/cm<sup>2</sup> atau menurun sebesar 30,3% dibandingkan dengan komposisi 1 PC : 6 Agregat. Namun kondisi ini masih memenuhi persyaratan kelas III menurut SNI 03-0348-1989, yaitu dapat digunakan untuk dinding non struktural tak terlindungi boleh terkena hujan dan panas.

Secara keseluruhan percobaan, hasil analisis menunjukkan bahwa penggunaan limbah *sludge* dapat berpengaruh terhadap kuat tekan bata beton, adapun komposisi penggunaan limbah *sludge* terbaik adalah sebesar 30-40%. Kuat tekan meningkat sebesar 96% pada campuran agregat 30% limbah *sludge* dibandingkan dengan kuat tekan yang menggunakan campuran agregat 40% limbah *sludge*, dari kuat tekan 19,37 kg/cm<sup>2</sup> menjadi 38,0 kg/cm<sup>2</sup>.

Variasi masa curing yang dilakukan pada umur 3; 7; 14 dan 28 hari, dapat mempengaruhi besarnya kekuatan tekan bata beton. Perlakuan curing 28 hari, memiliki pengaruh terhadap kekuatan tekan yang lebih baik bila dibandingkan dengan perlakuan curing 7 hari. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa nilai kuat tekan konstan pada masa curing 14 hari ke 28 hari (komposisi 1 PC:6 agregat). Hal ini berarti produk bata beton telah stabil pada masa curing 28 hari, sehingga telah stabil bila akan digunakan. Pengujian penentuan kuat tekan bata beton, umur pengujian (masa curing) yang biasa dilakukan adalah 28 hari menurut SNI 03-1974-1990, sedangkan variasi 3,7 dan 14 hari untuk mengetahui kestabilan apakah benda uji bata beton sudah bisa dipindahkan tempat.

#### Hasil Analisa TCLP Produk Bata beton

Hasil uji TCLP produk bata beton menunjukkan bahwa sebagian besar logam berat TCLP dalam produk bata beton tidak terdeteksi atau nilainya sangat rendah merujuk kepada PP No. 18/1999 jo PP No. 85/1999. Hal tersebut dapat diartikan bahwa komponen-komponen logam berat yang terdapat dalam produk bata beton tersebut bersifat stabil atau *immobile*, sehingga aman terhadap lingkungan.

Tabel 12. Hasil Uji TCLP Produk Bata Beton

Parameter	Hasil Analisis TCLP (mg/L)	Baku Mutu (PP. 85/1999)
arsenic (As)	<0.05	5
barium (Ba)	<1	100
boron (B)	<20	500
cadmium (Cd)	<0.05	1
chromium (Cr)	<0.5	5
copper (Cu)	0.1	10
lead (Pb)	<0.5	5
mercury (Hg)	<0.001	0.2
selenium (Se)	<0.05	1
silver (Ag)	<0.2	5
zinc (Zn)	0.05	50

Sumber : Kerja sama BBPK dengan Industri Kertas, 2009

## KESIMPULAN

- Identifikasi limbah *sludge* IPAL industri kertas sigaret menunjukkan karakteristik yang relatif tidak membahayakan lingkungan ditinjau atas dasar uji *on waste*, TCLP dan LD 50
- Hasil uji potensi menunjukkan bahwa limbah *sludge* IPAL industri kertas sigaret dapat dimanfaatkan sebagai pencampur pembuatan bata beton terutama dari kandungan  $\text{CaCO}_3$  maupun  $\text{CaO}$
- Pasir A yang digunakan untuk campuran agregat pembuatan bata beton tidak memenuhi persyaratan sehingga hasil kurang baik dibandingkan dengan pasir B yang memberikan kuat tekan cukup tinggi.
- Bata beton dengan kuat tekan diatas kelas II ( $50 \text{ kg/cm}^2$ ) dapat dibuat dengan komposisi 1 PC : 6 Agregat dengan campuran 30% limbah *sludge* dan 70% pasir B, sedangkan bata beton dengan kuat tekan diatas kelas III ( $30 \text{ kg/cm}^2$ ) dapat dibuat dengan komposisi 1 PC : 8 Agregat dengan campuran 30% limbah *sludge* dan 70% pasir B.
- Produk bata beton aman terhadap lingkungan ditinjau dari hasil analisis uji TCLP terhadap produk.

## UCAPAN TERIMAKASIH

Pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan terimakasih kepada PT. Bukit Muria Jaya yang telah bekerja sama dalam pelaksanaan penelitian ini. Terimakasih juga penulis sampaikan kepada Puslitbang Permukiman-PU, Bandung yang telah menyediakan fasilitas tempat dan alat serta membantu dalam pelaksanaan penelitian ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 2006, download 1 Februari 2010 "Modul Pemanfaatan Agregat Halus untuk Komponen Bangunan, [http:// www. Kimpraswil.com](http://www.Kimpraswil.com).
- Edi, N. 2008. *Daur Ulang Reruntuhan Bangunan sebagai Komponen Bahan Bangunan Struktur dan Non Struktur*. Laporan Teknis, ISBN : 978-602-8330-09-1
- Lasino, Edi, N. 2008. *Beton Pracetak*. Pengenalan Beberapa Produk Komponen Pracetak dan Cara Pengujian di

- Laboratorium. Laporan Teknis ISBN : 979-8954-36-X
- Purwati, S. ; Soetopo, R.S.; Setiawan, Y. 2006. Potensi dan Alternatif Pemanfaatan Limbah Padat Industri Pulp dan Kertas. *Berita Selulosa* 41 (2): 67-79
- \_\_\_\_\_: 2009. "Pemanfaatan Limbah Padat PT. Bukit Muria Jaya untuk Pembuatan Bahan Bangunan Bata Ringan dan Conblock", Laporan Kerjasama Balai Besar Pulp dan Kertas dengan PT. Bukit Muria Jaya. Bandung.
- \_\_\_\_\_: Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 18 tahun 1999 dan Perubahannya
- \_\_\_\_\_: American Standard Testing Material (ASTM) International.. Designation : C 62-01. Standard Specification for Building Brick (Solid Masonry Units Made from Clay or Shale)
- \_\_\_\_\_: 1997. American Standard Testing Material (ASTM) International : C 33-93. Standard Specification for Concrete Aggregate, 25-08-1997
- Nomor 85 tahun 1999 tentang Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3)
- \_\_\_\_\_: Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 02 tahun 2008 tentang Pemanfaatan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3)
- \_\_\_\_\_: SNI 15-0294-1991 "Mutu dan Cara Uji Bata Merah Pejal"
- \_\_\_\_\_: SNI 03-0348-1989 " Mutu dan Cara uji Bata beton Berlubang"
- \_\_\_\_\_: 2004. Persyaratan Umum Bahan Bangunan Gedung dan Perumahan, Pusat Litbang Permukiman, 2004.
- \_\_\_\_\_: 1997. American Standard Testing Material (ASTM) International : C 33-93. Standard Test Method for Sieve Analysis of Fine and Coarse Aggregate, 25-08-1997
- \_\_\_\_\_: SNI 03-6820-2002 "Gradasi agregat halus untuk adukan"
- \_\_\_\_\_: SNI 03-1974-1990 " Metode Pengujian Kuat Tekan Beton"
-