

SOLIDIFIKASI *DEINKING SLUDGE* DAN *FLY ASH* BATU BARA UNTUK PEMENUHAN PERSYARATAN PENIMBUNAN DI *LANDFILL*

Krisna Adhitya Wardhana ^a, Sri Purwati ^a, Saepulloh ^a, Toni Rachmanto ^a

^a Jalan Raya Dayeuhkolot No. 132 Bandung
Telp. 022-5202980, 5202871 Fax. 022-5202871

Diterima : 23 Maret 2011, Revisi Akhir : 25 November 2011

SOLIDIFICATION OF *DEINKING SLUDGE* AND COAL *FLY ASH* TO MEET *LANDFILL DISPOSAL REGULATION*

ABSTRACT

Deinking sludge and coal fly ash are classified as hazardous wastes that have to be treated before disposed in landfill. Solidification is an alternative treatment to prevent hazardous materials release to the environment. The research was conducted to find solidification combination formula of deinking sludge and coal fly ash that pass compressive strength test ($>10\text{ton/m}^2$) and paint filter test so it can be disposed to landfill. The concretes were made from cement and aggregate (50% deinking sludge and 50% fly ash) on range combination 1:11 - 1:20. In addition, based on pozzolanic characteristic of fly ash, concretes without cement was made. The results showed that solidification products with combination 1:11 - 1:20 have compressive strength that exceed the regulation and passed paint filter test. Combination of 50% deinking sludge and 50% coal fly ash without portland cement addition had compressive strength that met requirement for landfill disposal.

Key words : deinking sludge, fly ash, solidification, landfill

ABSTRAK

Deinking sludge dan fly ash batubara termasuk kedalam kategori limbah B-3 yang harus diolah terlebih dahulu sebelum ditimbun di landfill. Proses solidifikasi adalah salah satu pengolahan untuk mencegah tersebarnya kandungan limbah B-3 ke lingkungan. Tujuan dari penelitian ini adalah menentukan formulasi solidifikasi kombinasi deinking sludge dengan fly ash batubara yang memenuhi persyaratan kuat tekan ($> 10 \text{ ton/m}^2$) dan uji paint filter sehingga dapat ditimbun di landfill. Penelitian ini dilakukan dengan variasi perbandingan semen terhadap agregat (50% fly ash dan 50% deinking sludge) mulai dari 1:11 sampai dengan 1:20 dan juga dilakukan perlakuan agregat tanpa semen. Hasil penelitian menunjukkan bahwa komposisi 1:11 s/d 1:20 memiliki nilai kuat tekan yang jauh melebihi persyaratan dan lolos uji paint filter. Sedangkan hasil dari perlakuan tanpa semen menunjukkan bahwa kombinasi 50% deinking sludge dan 50% fly ash batubara telah memiliki nilai kuat tekan yang cukup besar dan memenuhi persyaratan penimbunan di landfill.

Kata kunci : deinking sludge, fly ash batubara, solidifikasi, landfill

PENDAHULUAN

Pengelolaan limbah padat merupakan hal penting yang harus menjadi perhatian bagi industri pulp dan kertas agar tidak menyebabkan timbulnya permasalahan terhadap lingkungan. Industri pulp dan kertas menghasilkan beberapa limbah padat yang perlu mendapat perhatian khusus diantaranya adalah *deinking sludge* dari

unit Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) dan *fly ash* batu bara dari unit *power plant*. Scott (1995) menjelaskan bahwa industri kertas berbahan baku *secondary fiber* menghasilkan *deinking sludge* dalam jumlah yang lebih besar yaitu 234 kg/ton bila dibandingkan industri kertas berbahan baku *virgin pulp* yang hanya 58 kg/ton. Demikian pula pada unit *power plant*, jumlah *fly ash* yang dihasilkan cukup besar tergantung dari

jenis bahan bakar yang digunakan. Industri pulp dan kertas termasuk industri yang membutuhkan energi dalam jumlah besar. Pada tahun 2005, total produksi kertas Indonesia mencapai 8.207.620 ton (*Indonesian Commercial Newsletter*, 2011). Total kebutuhan batubara industri kertas di Indonesia pada tahun 2005 sebesar 2.272.443 ton (Tekmira, 2006). Pembakaran batubara menghasilkan sekitar 5% polutan padat yang berupa abu (*fly ash* dan *bottom ash*), di mana sekitar 10-20% adalah *bottom ash* dan sekitar 80-90% *fly ash* dari total abu yang dihasilkan (Wardani, 2008). Berdasarkan data-data tersebut, industri kertas di Indonesia menghasilkan *fly ash* berkisar antara 1,1-1,2% dari total produksi.

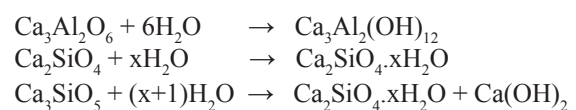
Deinking sludge yang dihasilkan dari proses penghilangan tinta kertas bekas mengandung logam-logam berat seperti Pb., As, Cd, Zn, Hg, Cu, Cr, dan Ni. Logam-logam ini berasal dari komponen tinta yang bersifat toksik baik bagi manusia maupun bagi makhluk hidup lainnya. Menurut Peraturan Pemerintah No 18 tahun 1999, *deinking sludge* dan *fly ash* batubara termasuk kedalam kategori limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3). Penanganan *deinking sludge* dan *fly ash* batu bara diatur dalam Kep-03/Bapedal/09/1995 mengenai persyaratan teknis pengelolaan limbah B3 dan Kep-04/Bapedal/09/1995 mengenai tata cara persyaratan penimbunan limbah B3 ke *landfill*. Dalam Kep-03/Bapedal/09/1995 dijelaskan bahwa pengolahan limbah B3 merupakan proses untuk mengubah jenis, jumlah, dan karakteristik limbah B3 menjadi tidak berbahaya dan/atau tidak beracun dan/atau immobilisasi limbah B3 sebelum ditimbun di *landfill*.

Proses pengolahan limbah B3 dapat dilakukan secara fisika dan kimia, solidifikasi, dan insinerasi. Pilihan perlakuan tersebut dipersyaratkan sebelum *sludge* ditimbun di *landfill*. Kep-04/Bapedal/09/1995 menyatakan bahwa penimbunan limbah B3 harus dilakukan secara tepat, baik tempat, tata cara maupun persyaratannya. Walaupun limbah B3 yang akan ditimbun tersebut sudah diolah sesuai persyaratan teknis pengelolaan limbah B3 dalam Kep-03/Bapedal/09/1995, tetapi limbah B3 tersebut masih berpotensi mencemari lingkungan karena lindinya. Untuk mencegah pencemaran dari lindi, maka limbah B3 tersebut harus ditimbun pada lokasi yang memenuhi persyaratan sesuai yang diatur dalam Kep-04/Bapedal/09/1995. Tujuan dari penimbunan limbah B3 di *landfill* adalah

untuk menampung dan mengisolasi limbah B3 yang sudah tidak dimanfaatkan lagi dan menjamin perlindungan terhadap kesehatan manusia dan lingkungan dalam jangka panjang.

Fly ash batubara merupakan bagian mineral dari batubara yang tidak terbakar pada proses pembakaran batubara di *power plant*. *Fly ash* ini kaya akan partikel seperti silika, alumina dan kalsium. Ketika bercampur dengan *lime* Ca(OH)_2 , *fly ash* akan membentuk campuran semen. Padatan yang mengandung *fly ash* akan bersifat lebih kuat dan lebih tahan terhadap reaksi kimiawi (anonim, 2009). Dalam persyaratan teknis solidifikasi limbah B3, *fly ash* dapat dijadikan sebagai aditif yaitu sebagai bahan pencampur bersama dengan *gypsum*, pasir dan lempung. Namun demikian, *fly ash* juga mengandung logam-logam berat seperti *cadmium* (Cd), *chromium* (Cr), *copper* (Cu), *lead* (Pb), *nickel* (Ni), dan *zinc* (Zn), sehingga perlu perhatian dalam penggunaannya sebagai aditif. Konsentrasi logam-logam berat yang terdapat pada *fly ash* batubara yang diambil dari beberapa unit *power plant* pada beberapa tempat di Indonesia dan persyaratan baku mutu penimbunan di *landfill* menurut Kep-04/Bapedal/09/1995 dapat dilihat pada Tabel 1.

Berdasarkan data tersebut, pada umumnya *fly ash* yang dihasilkan dari pembakaran batubara yang digunakan pada berbagai unit *power plant* memiliki kandungan logam berat dengan konsentrasi lebih kecil dari baku mutu kolom B, kecuali logam Cu dan As. Berarti secara keseluruhan kandungan logam berat tersebut berada diantara konsentrasi yang dipersyaratkan pada baku mutu kolom A dan B sehingga dalam penimbuannya di *landfill* masuk dalam kategori II atau *landfill* persyaratan sedang. *Fly ash* apabila diberi perlakuan dan kelembaban yang tepat akan bereaksi dengan air menghasilkan bahan yang memiliki sifat semen. Menurut Van Vlack, 1991, reaksi yang terjadi diantara komponen-komponen yang terdapat pada semen (kalsium silika dan kalsium alumina) dengan air adalah sebagai berikut (Van Vlack, 1991) :



Pada Tabel 2 dapat dilihat kandungan mineral pada *fly ash* yang diambil dari beberapa *power plant* di Indonesia. Mineral dalam *fly ash* berupa senyawa-senyawa yang didominasi

Tabel 1. Konsentrasi Logam Berat pada *Fly ash* dibandingkan dengan Persyaratan Penimbunan di *Landfill*

Logam berat	Konsentrasi (ppm)						Baku Mutu (mg/Kg) Kep-04/Bapedal/09/1995.	
	i	ii	iii	iv	v	vi	A	B
Cadmium (Cd)	11	Tt	2,02	0,430	-	0,05-1,68	50	5
Chromium (Cr)	224	120	25,18	0,811	0,1666	16,93-33,76	2500	250
Copper (Cu)	298	87	19,43	-	0,334	16,93-44,14	1000	100
Lead (Pb)	19	15	Tt	1,012	0,6386	19,04-38,95	3000	300
Nickel (Ni)	-	-	26,81	-	2,2186	2,12-23,37	1000	100
Zinc (Zn)	391	153	105,82	-	2,554	4,02-11,3	5000	500
Arsen (As)	10	155		<0,001		<0,01	300	30
Cobalt (Co)	-	-		-	0,091	0,05-2	500	50
Mercury (Hg)	tt	tt		Negatif		0,2-0,64	20	2
Molybdenum (Mo)	-	-		-		2,5-36,35	400	40
Tin (Sn)	-	-		-		36,35-43,91	500	50
Selenium (Se)	-	-		-		1,05-3,5	100	10

Sumber : i,ii = (<http://www.tekmira.esdm.go.id>, 2010)
 iii = (Purwati dkk, 2006)
 iv = (Hadiwidodo, 2010)
 v = (<http://repository.usu.ac.id>, 2012)
 vi = (Purwati dkk, 2007)

Tabel 2. Konsentrasi Mineral pada *Fly Ash* dari Beberapa *Power Plant* di Indonesia

Parameter	Satuan	Hasil Analisa		
		i	ii	iii
SiO ₂	%	71,88	20-60	41,87
Al ₂ O ₃	%	10,92	5-35	7,56
CaO	%	3,74	1-12	6,09
Fe ₂ O ₃	%	5,12	10-40	10,33

Sumber : i = (Hadiwidodo, 2010)
 ii = Wardani, 2008)
 iii = (<http://repository.usu.ac.id>, 2012)

diantaranya oleh silika (SiO₂), alumina (Al₂O₃), besi (Fe₂O₃), dan kapur (IPB, 2003). Keempat senyawa tersebut merupakan oksida-oksida utama penyusun semen dengan kontribusi total dari keempat oksida tersebut kira – kira 90% dari berat semen. Berdasarkan data tersebut, *fly ash* dapat dikatakan memiliki *cementious value*.

Silika pada *fly ash* akan bereaksi dengan Ca(OH)₂ membentuk ikatan gel yang padat sehingga memperkuat ikatan pada hasil solidifikasi yang dapat bersifat lebih aman bagi lingkungan. Hal ini terjadi terhadap pencampuran *flyash* dengan *deinking sludge*. Setelah mengalami proses *dewatering* hingga kadar air 35-40 wt %, *deinking sludge* mengandung kadar abu sekitar

40-70 wt% yang umumnya didominasi oleh senyawa kalsium (Quadi, 2012). Berdasarkan karakteristik *deinking sludge* yang mengandung kalsium cukup tinggi dan *fly ash* mengandung silika cukup tinggi, maka kombinasi pencampuran antara keduanya diharapkan dapat menghasilkan ikatan yang memiliki sifat semen yang dapat mendukung terjadinya proses solidifikasi.

Solidifikasi adalah suatu tahapan proses pengolahan limbah B3 untuk mengurangi potensi racun dari kandungan cemaran B3 melalui upaya memperkecil atau membatasi daya larut maupun penyebarannya ke tempat penimbunan akhir (*landfill*). Polutan yang ada pada *deinking sludge* akan diikat secara fisik membentuk massa monolit

dengan struktur yang stabil dan kuat. Hujan atau air tidak dapat membawa atau melarutkan kandungan polutan yang ada pada *deinking sludge* yang telah mengalami solidifikasi. Dengan demikian, solidifikasi merupakan salah satu cara yang relatif efektif untuk mencegah timbulnya limbah B-3 yang akan dibuang ke *landfill*.

Beberapa penelitian sebelumnya telah mengkaji proses solidifikasi beberapa jenis *sludge* industri. Malviya dan Chaudhary (2008) mengkaji pengaruh interaksi antara berbagai jenis limbah padat seperti *sludge* yang mengandung logam berat, *fly ash*, *slag*, dan *filter cake*, dengan pengikat seperti semen terhadap kekuatan hasil solidifikasi dan kemampuan mengikat polutan berbahaya. Selain itu, Yi dan Cheong (2003) juga telah melakukan penelitian solidifikasi dan menjelaskan bahwa *fly ash* merupakan material yang baik untuk solidifikasi *sludge* yang mengandung logam berat dengan komposisi optimum 45% *fly ash*, 50% *sludge*, dan 5% semen. Sedangkan hasil penelitian Radzi et al. (2008) menjelaskan bahwa penggunaan *pulverized fly ash* pada solidifikasi *sludge* dari lumpur aktif menghasilkan produk solidifikasi yang memiliki kekuatan 6% lebih besar dibandingkan hasil solidifikasi menggunakan kapur. Pemilihan proses pengolahan limbah B3 didasarkan atas teknologi dan penerapannya, serta hasil evaluasi atas kriteria yang menyangkut kinerja, keamanan, dan operasi dari teknologi yang digunakan. Penimbunan limbah ke *landfill* merupakan alternatif yang terakhir apabila limbah sudah tidak dapat dimanfaatkan lagi. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi pertimbangan bagi industri kertas dalam melakukan pengelolaan lingkungan khususnya terhadap limbah padat *deinking sludge* dan *fly ash* batubara yang termasuk sebagai limbah B3 yang akan dibuang di *landfill*.

BAHAN DAN METODE

Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah *deinking sludge* dari industri kertas dengan bahan baku kertas bekas, abu terbang batu bara (*fly ash*) dari *power plant* dan *portland cement* (PC).

Peralatan

Peralatan yang digunakan pada penelitian ini antara lain mesin press, cetakan dengan dimensi 5cm x 5cm x 5cm, saringan dengan ukuran 60 *mesh*, *container*, *ring stand*, dan peralatan gelas seperti gelas piala 1000 mL, gelas ukur 100 mL, dan corong.

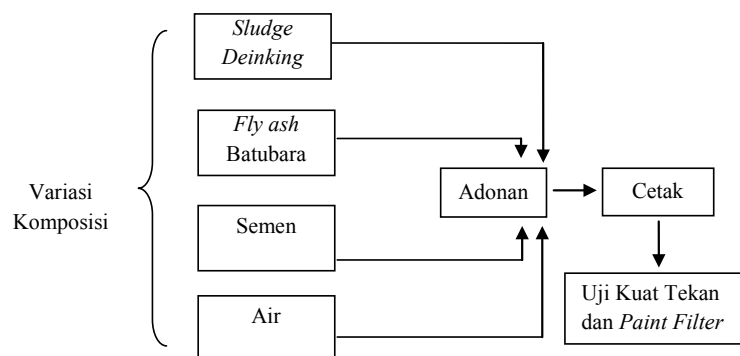
Metode

1. Karakterisasi Limbah

Tahapan penelitian diawali dengan melakukan karakterisasi khususnya terhadap kandungan logam berat *deinking sludge* dan *fly ash* batubara. Komponen cemaran logam berat dalam *deinking sludge* dianalisa dan dibandingkan dengan baku mutu kategori *landfill* menurut Kep.04/Bapedal/09/1995.

2. Perlakuan Solidifikasi

Perlakuan solidifikasi pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1, sementara komposisi perbandingan yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 3. Proses solidifikasi diawali dengan membuat homogen ukuran *deinking sludge* terlebih dahulu sebelum dicampur dengan *fly ash* dan semen. Proses



Gambar 1. Diagram Alir Penentuan Komposisi Limbah pada Proses Solidifikasi

pencampuran dilakukan dengan komposisi 1 pc (*portland cement*) : 11 agregat (50% *deinking sludge* dan 50% *fly ash* batubara), 1:12, 1:13, 1:14: 1:15, 1:16, 1:17, 1:18, 1:20, dan juga dilakukan pencetakan komposisi 50% *deinking sludge* dan 50% *fly ash* batubara tanpa penambahan semen. Bentuk fisik hasil pencetakan adalah balok berukuran 5 cm x 5cm x 5cm. Setelah masa pengeringan selama 28 hari dilakukan uji kuat tekan (*compressive strength test*) dan uji *paint filter* dalam rangka untuk mengetahui kekuatan benda uji dalam menahan beban yang ditempatkan di atasnya.

Tabel 3. Komposisi Campuran Adonan Penelitian

Perlakuan	Komposisi	
	Semen (Bagian)	Agregat* (Bagian)
1	1	11
2	1	12
3	1	13
4	1	14
5	1	15
6	1	16
7	1	17
8	1	18
9	1	20
10	Tanpa semen	100% agregat

Keterangan : * Komposisi agregat adalah 50% *fly ash* dan 50% *deinking sludge*

3. Uji Hasil Solidifikasi

Uji kuat tekan dilakukan untuk mengetahui kekuatan limbah hasil solidifikasi dalam menahan beban yang ditempatkan di atasnya. Persyaratan kuat tekan dari limbah *sludge* hasil solidifikasi yang akan dibuang ke *landfill* adalah 10 ton/m² atau 1 kg/cm². Uji kuat tekan dilakukan di Balai Besar Bahan dan Barang Teknik (B4T) Bandung mengacu pada ASTM 109-93. Untuk uji *paint filter* mengacu pada metode 9095B : *Paint Filter Liquid Test* US EPA.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakterisasi Limbah

Data karakteristik logam berat dalam *deinking sludge* dapat dilihat pada Tabel 4. Berdasarkan data karakteristik logam berat, *deinking sludge* yang digunakan dalam penelitian ini memiliki kandungan

logam berat yang hampir semua parameter konsentrasinya di bawah baku mutu kolom B, kecuali kandungan Cu yang konsentrasinya melebihi baku mutu kolom B. Berdasarkan karakteristik tersebut maka *deinking sludge* harus dibuang di *landfill* kategori II atau persyaratan sedang. Dalam penimbunannya di *landfill* sebelumnya dilakukan terlebih dahulu proses solidifikasi dalam rangka menghindari kontaminasi pencemar ke lingkungan. Penanganan *deinking sludge* dengan cara solidifikasi yang dilakukan dalam penelitian ini adalah untuk memenuhi peraturan Kep. 04/Bapedal/09/1995. Dalam peraturan tersebut juga mempersyaratkan bahwa limbah B3 yang ditimbun ke *landfill* tidak boleh mengandung zat organik lebih besar dari 10% dan tidak berbentuk cair atau lumpur. Pencampuran dengan *fly ash* yang relatif tidak mengandung bahan organik dan kadar air merupakan bagian dari persyaratan yang harus dipenuhi agar dapat melakukan penimbunan *deinking sludge* ke *landfill*.

Tabel 4. Karakteristik Logam Berat pada *Deinking sludge*

Logam berat	Konsentrasi (mg/Kg)	Baku Mutu (mg/Kg)	
		<i>Deinking sludge</i>	A B
Cadmium (Cd)	3,28	50	5
Chromium (Cr)	28,11	2500	250
Copper (Cu)	202,1	1000	100
Lead (Pb)	71,08	3000	300
Nickel (Ni)	3,72	1000	100
Zinc (Zn)	65,65	5000	500

Sumber : Soetopo, 2004

Hasil penelitian sebelumnya (Soetopo, 2006) menunjukkan bahwa *deinking sludge* sudah memenuhi baku mutu uji TCLP sebagai persyaratan limbah B3 yang dapat ditimbun ke *landfill*. Persyaratan lain untuk terpenuhinya persyaratan penimbunan di *landfill* masih diperlukan uji kuat tekan dan lolos uji *paint filter* dari hasil solidifikasi. Pencampuran *deinking sludge* dengan *fly ash* perlu ditentukan komposisi yang tepat agar hasil solidifikasinya dapat memenuhi persyaratan tersebut.

Perlakuan Solidifikasi

Deinking sludge yang digunakan berwarna kecoklatan dengan bentuk sebagian besar sudah menggumpal sehingga perlu dihomogenkan

ukurannya terlebih dahulu dengan digerus sebelum dicampur dengan *fly ash* dan semen. Tujuannya adalah agar dalam pencampuran dengan *fly ash* dan semen terjadinya kontak sebagai bahan pengikat lebih optimal. Proses pencampuran dilakukan dengan komposisi campuran semen, *deinking sludge* dan *fly ash* batubara sesuai dengan komposisi pada Tabel 3. Dari wujud fisik setelah tahap pencetakan tampak bahwa penggunaan *deinking sludge* pada cetakan berpengaruh terhadap warna hasil cetakan. Kubus cetak yang menggunakan komposisi *deinking sludge* yang lebih banyak, memiliki warna yang lebih cerah jika dibandingkan dengan cetakan yang hanya menggunakan *fly ash* dan semen. Hal ini terkait dengan *fly ash* yang digunakan didalam penelitian ini yang berwarna lebih gelap dari warna *deinking sludge*. Untuk mengetahui kekuatan mekanis dari hasil solidifikasi dilakukan uji kuat tekan. Data hasil uji kuat tekan hasil solidifikasi masing-masing komposisi dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil Uji Kuat Tekan setelah Pengerinan 28 Hari

Komposisi	Nilai kuat tekan (kg/cm ²)
Agregat tanpa semen	22
1 : 11	45
1 : 12	33
1 : 13	37
1 : 14	35
1 : 15	31
1 : 16	29
1 : 17	24
1 : 18	23
1 : 20	18

Sumber: Hasil pengujian, 2010

Berdasarkan hasil pengujian diatas didapatkan bahwa secara keseluruhan, komposisi-komposisi yang dicoba dalam penelitian ini setelah mengalami proses pengeringan selama 28 hari ternyata memiliki nilai kuat tekan yang jauh melebihi persyaratan kuat tekan yang diatur oleh Kep-03/Bapedal/09/1995 yaitu 10 ton/m² = 1 kg/cm² sehingga semua komposisi yang digunakan dalam penelitian ini telah memenuhi persyaratan sebagai hasil solidifikasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan semen yang semakin banyak cenderung meningkatkan nilai kuat tekan hingga 45 kg/cm² pada perbandingan 1:11 (Tabel 5). Komposisi pencampuran tersebut telah memenuhi

persyaratan kuat tekan untuk produk bata beton pejal (SNI 03-0349-1989 mengenai bata beton pasangan dinding) dengan tingkat mutu III (35 kg/cm²). Kondisi ini dapat menjadi pertimbangan untuk kajian pemanfaatan hasil solidifikasi menjadi produk bahan bangunan, sehingga dapat meningkatkan nilai tambah limbah daripada dibuang ke *landfill*.

Mengingat kuat tekan yang dipersyaratkan hanya 1 kg/cm², maka komposisi perbandingan semen dan campuran (*fly ash* dan *deinking sludge*) dapat terus ditingkatkan melebihi komposisi 1:20 yang berarti akan memperbanyak konsumsi limbah (*deinking sludge* dan *fly ash*) dan mengurangi konsumsi semen. Komposisi tanpa semen yang dilakukan pada proses solidifikasi *deinking sludge* dengan *fly ash* dalam penelitian ini ternyata masih memiliki kuat tekan yang cukup besar diatas persyaratan. Hal ini merupakan keuntungan dari pencampuran limbah B3 yang karakteristiknya saling mendukung dalam proses solidifikasi. Industri tidak perlu lagi menyediakan semen sebagai bahan pengikat yang harganya cukup mahal sehingga jelas menguntungkan secara ekonomi—dan juga ditinjau dari aspek—lingkungan . Kuat tekan yang cukup besar pada komposisi tanpa semen tersebut berasal dari *fly ash* yang merupakan *pozzolan* yang apabila bercampur dengan kapur, akan membentuk komponen semen. Beton yang dibuat dengan *fly ash* akan sedikit lebih rendah kekuatannya daripada beton yang berbasis *straight cement*, namun setelah pada hari ke 28 kekuatannya sama dan dalam jangka waktu 1 tahun akan memiliki sifat yang lebih kuat (anonim, 2009). *Deinking sludge* yang kaya akan material anorganik mendukung terjadinya pengerasan bila dicampur dengan *fly ash* yang berfungsi sebagai bahan pencampur sekaligus sebagai bahan pengikat pengganti semen.

Tabel 6. Hasil Paint Filter Test

Komposisi	Pengamatan (mesh 60)	
	t = 5 menit	t = 10 menit
1 : 11	Lolos uji	Lolos uji
1 : 12	Lolos uji	Lolos uji
1 : 13	Lolos uji	Lolos uji
1 : 14	Lolos uji	Lolos uji
1 : 15	Lolos uji	Lolos uji
1 : 16	Lolos uji	Lolos uji
1 : 17	Lolos uji	Lolos uji
1 : 18	Lolos uji	Lolos uji
1 : 20	Lolos uji	Lolos uji
Tanpa semen (50%:50%)	Lolos uji	Lolos uji

Sumber: Hasil pengujian, 2010

Dari hasil pengujian pada Tabel 6, dapat diketahui bahwa semua komposisi memenuhi persyaratan uji *paint filter*, yaitu tidak ada yang lolos dari *filter* dengan *mesh* 60 setelah 5 dan 10 menit pengamatan. Berdasarkan hasil uji tersebut, semua komposisi yang dilakukan dalam penelitian ini telah memenuhi persyaratan uji kuat tekan dan uji *paint filter* yang disyaratkan oleh Kep-03/Bapedal/09/1995. Berdasarkan aspek efektivitas dan aspek ekonomi bagi industri, komposisi 50% *deinking sludge* dan 50% *fly ash* tanpa penggunaan semen adalah merupakan komposisi solidifikasi yang paling efektif dan menguntungkan. Perlakuan ini dapat direkomendasikan untuk diterapkan di industri kertas yang memiliki kedua limbah B3 tersebut sebelum dibuang ke *landfill*.

KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pencampuran *deinking sludge* dan *fly ash* batu bara sebagai limbah B3 dengan semen pada komposisi 1: 20 (komposisi agregat 50% *sludge* : 50% *fly ash*), menghasilkan produk solidifikasi yang memiliki nilai kuat tekan jauh diatas persyaratan yang diatur oleh Kep-03/Bapedal/09/1995 yaitu 1 kg/cm² dan telah memenuhi uji *paint filter* untuk dapat ditimbun di *landfill*. Penambahan semen makin besar akan menghasilkan produk solidifikasi dengan nilai kuat tekan makin besar pula, yang dapat menjadi pertimbangan untuk pemanfaatan limbah. Hasil penelitian pada pencampuran 50% *deinking sludge* dan 50% *fly ash* batubara tanpa menggunakan semen masih dapat menghasilkan produk solidifikasi dengan kuat tekan cukup besar yang memenuhi persyaratan dan lolos uji *paint filter*. Hal ini merupakan rekomendasi bagi industri kertas dalam melakukan solidifikasi untuk limbah B3 nya yang akan dibuang di *landfill* terutama dari aspek ekonomis karena tidak perlu lagi menyediakan semen sebagai bahan pengikat

DAFTAR PUSTAKA

Anonim. “*Fly ash for Concrete*”. Headwater Resources. 2009
Hadiwidodo, M., 2010. Kajian Waktu Pencemaran Lingkungan Akibat Pemanfaatan Limbah *Fly ash* Sebagai Bahan Pembuatan Paving Block. *Jurnal Presipitasi*. Vol.7, No.1.

<http://www.datacon.co.id/Pulp-2011Industri.html>
<http://www.tekmira.esdm.go.id/kp/Batubara/toksisitas.asp>
<http://repository.usu.ac.id/handle/123456789/30701>.
Indonesian Commercial Newsletter. 2011. Profil Industri Pulp dan Kertas.
Irran. 2012. *Penentuan Kadar Ion Logam Berat Dalam Debu Batubara Dengan Metode Inductively Couple Plasma-Mass Spectroscopy (ICP-MS)*.
Keputusan Kepala Bapedal No.3 Tahun1995 Tentang Persyaratan Teknis Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun.
Keputusan Kepala Bapedal No 4 Tahun 1995 Tentang Tata Cara dan Persyaratan Teknis Penyimpanan dan Pengumpulan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun
Khaerunisa, H., 2010. *Toksisitas Abu Terbang dan Abu Dasar Limbah PLTU Batubara yang Berada di Sumatera dan Kalimantan Secara Biologi*. Puslitbang Teknologi Mineral dan Batubara.
Laporan Perkembangan tahun 2003 “Studi Penyusunan Pedoman Pemanfaatan Limbah Padat Industri Pulp dan Kertas Untuk Lahan Kehutanan”. Fakultas Matematika dan IPA, Institut Pertanian Bogor-
Malviya, M., dan R. Chaudhary. 2006. Factors Affecting Hazardous Waste Solidification/ Stabilization: A Review. *Journal of Hazardous Materials*. Vol. 137, No. 1, Hal 267–276.
Ouadi, M., J. Brammer, A. Hornung, dan M. Kay. 2012. Waste to Power. *Tappi Journal*. Vol. 11, No. 2, Hal. 55–64.
Peraturan Pemerintah No. 18 Tahun 1999 Tentang Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun
Purwati, S., Rina S. Soetopo, Setiadji, dan Y. Setiawan. 2006. Potensi dan Alternatif Pemanfaatan Limbah Padat Industri Pulp dan Kertas . *Berita Selulosa*. Vol. 41, No. 2, Hal 67-79.
Purwati, S., Rina S. Soetopo, Y. Setiawan. 2007. Potensi Penggunaan Abu Boiler Industri Pulp dan Kertas Sebagai Bahan Pengkondisi Tanah Gambut Pada Areal Hutan Tanaman Industri. *Berita Selulosa* Vol. 42, No. 1, Hal 8–17.

- Radzi, F Bin M. Omar, M. H. Isa, S. Rahman, M. Kutty, A. Malakahmad, dan M. N. Adlan. 2008. *Solidification/Stabilization of Waste Activated Sludge from Petroleum Refinery*. International Conference on Environment.
- Scott, G. M. Sludge Characteristics and Disposal Alternatives for The Pulp and Paper Industry. *Proceeding of the 1995 International Environmental Conference* ; 1995 May 7-10; Atlanta, GA. Atlanta, GA: TAPPI Press : 269-279; 1995
- SNI 03-0349-1989. Bata Beton untuk Pasangan Dinding.
- Soetopo, R. S., S. Purwati, dan K. Septiningrum. 2004. Pemanfaatan Aktivitas Lumbricus Rubellus Untuk Penanganan Limbah Padat Proses Deinking di Industri Kertas. *Berita Selulosa*. Vol. 40, No.1, Hal 25-35.
- Soetopo, R.S.,Purwati, S , 2006. Karakteristik Vermikompos Dari Limbah Padat IPAL Industri Kertas. *Berita Selulosa*. Vol. 41, No.2, Desember 2006: 80-89.
- Tim Kajian Batubara Nasional. 2006. Batubara Indonesia. Pusat Litbang Teknologi Mineral dan Batubara.
- Van Vlack, L. H. 1991. *Ilmu dan Teknologi Bahan* edisi 5. Erlangga. Jakarta.
- Wardani, P. B. R., 2008. Pemanfaatan Limbah Batubara (Fly Ash) untuk Stabilisasi Tanah Maupun Keperluan Teknik Sipil Lainnya dalam Mengurangi Pencemaran Lingkungan. Pidato Pengukuhan Upacara Penerimaan Jabatan Guru Besar pada Fakultas Teknik Universitas diponegoro.
- Yi, O. C. dan C. P. Cheong. 2003. *Solidification of Industrial Waste Sludge with Incineration Fly ash and Ordinary Portland Cement*. 9th National Undergraduate Research Opportunities Programme Congress. Nanyang Technological University.