

# PEMANFAATAN LIMBAH ABU TERBANG YANG RAMAH LINGKUNGAN SEBAGAI BAHAN STABILISASI TANAH DASAR (WASTE UTILIZATION OF ENVIRONMENT-FRIENDLY FLY ASH AS SOIL SUBGRADE STABILIZER)

G. Gunawan<sup>1)</sup>, Silverster Fransisko<sup>2)</sup>

Puslitbang Jalan dan Jembatan

Jl. A.H. Nasution 264 Bandung

Email : gugun.gunawan31@yahoo.com

Diterima : 30 Mei 2011; Disetujui : 04 Agustus 2011

## ABSTRAK

Salah satu penanganan lingkungan yang dapat diterapkan adalah memanfaatkan limbah abu terbang batu bara dan kapur untuk keperluan material infrastruktur bidang jalan. Berdasarkan Peraturan Pemerintah No. 85 Tahun 1999 tentang Perubahan Atas Peraturan Pemerintah No. 18 Tahun 1999 Tentang Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3), abu terbang dikategorikan sebagai limbah B3, sehingga dalam pemanfaatannya perlu diperhatikan disamping aspek teknis juga dari aspek lingkungan. Pengujian Laboratorium yang meliputi pengujian laboratorium fisik stabilisasi tanah dengan abu terbang dan pengujian laboratorium Analisis Kandungan Kimia dan Uji TCLP (Toxicity Characteristic Leach ate Procedure) dari abu terbang. Metode pengujian kimia dan TCLP dengan metode uji alat AAS (atomic absorbtion spectrofotometric). Penambahan abu terbang dapat meningkatkan nilai CBR tanah. Peningkatan maksimum terjadi pada penambahan abu terbang 20 % dan penambahan 5 % kapur dapat meningkatkan nilai CBR campuran tanah dan abu terbang. Hasil kajian lingkungan terhadap pemanfaatan limbah abu terbang adalah : berdasarkan aturan yang berlaku, tempat penimbunan untuk pengelolaan abu terbang di landfill kategori II (Secure Landfill Single Liner). Hasil Uji TCLP menunjukkan bahwa untuk semua kandungan logam beratnya masih di bawah baku mutu standar Lingkungan Hidup dan masih dikategorikan tidak berbahaya (non hazardous materials).

**Kata Kunci:** Lingkungan hidup, limbah B3, abu terbang, stabilisasi tanah, material tidak berbahaya

## ABSTRACT

One of way to handle the environment that can be applied for the benefit of coal fly-ash waste material and lime for necessary the field of road infrastructure. Based on Government Regulation no. 85 of 1999 concerning Amendment to Government Regulation no. 18 Year 1999 regarding Management of Hazardous and Toxic Waste (B3), Flya-ash is categorized as B3 waste so it needs attention both in addition to the technical aspects and environmental aspects well. Laboratory testing includes laboratory testing of physical stabilization of soil with fly-ash content and the testing laboratory Chemical Analysis and Testing TCLP (Toxicity Characteristic Leach Procedure ate) of fly ash. Chemical testing methods and tools TCLP test method with AAS (atomic absorbtion spectrofotometric). The increasing number of fly ash can increase soil CBR values. The maximum enhancement occurred on an addition of 20% fly ash and addition of 5% lime can increase the value of CBR soil and fly ash mixture. The results of the environmental assessment of the utilization of waste

*fly-ash is : based on the applicable rules, the management of landfills in category II (Secure Landfill Liner Single). The result TCLP test shows that for all the metal content of the weight is still below the quality standards Environmental standards and is still considered harmless (non-hazardous materials).*

**Keywords:** Environment, B3 waste, fly-ash, soil stabilization, the material is not hazardous

## PENDAHULUAN

Abu terbang dalam konteks ini adalah abu yang dihasilkan dari pembakaran batubara. Komposisi kimia abu terbang umumnya, (Tjitro, 2009) adalah : SiO<sub>2</sub> (52,00%), Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (31,86%), Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (4,89%), CaO (2,68%), MgO (4,66%). Menurut Peraturan Pemerintah No. 18 tahun 1999 limbah tersebut dikategorikan limbah logam berat, berbahaya dan beracun (limbah B3), yang dalam pemanfaatannya perlu dilakukan pengelolaan lingkungan hidup, (Sudarsono, 2006).

Teknologi pemanfaatan limbah B3 di satu pihak dapat meningkatkan kemanfaatan bahan baku, (Iwan, 2010). Hal ini pada gilirannya akan mengurangi kecepatan pengurusan sumber daya alam. Adapun pemanfaatan abu terbang secara teknis, yang memiliki kandungan utama Silikat, Calsium dan logam berat, kemungkinan dapat digunakan dalam Bidang Konstruksi Jalan, yaitu Pemanfaatan abu terbang untuk stabilisasi tanah dasar (David, 2005), konstruksi beton, pembuatan paving blok, dan pembuatan batako.

Dalam pemanfaatan abu terbang tersebut tentu perlu dilakukan pengujian terhadap propertis atau sifat-sifat fisik dan kimia serta sifat kelarutan limbah abu terbang dalam campuran material yang dilakukan. Pada makalah ini disampaikan kajian lingkungan dan pemanfaatan abu terbang dalam peningkatan penggunaan tanah lempung menjadi material lapis tanah dasar (*subgrade*) dan kajian lingkungannya.

## KAJIAN PUSTAKA

### **Kebijakan Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3)**

Masalah limbah menjadi perhatian serius

dari masyarakat dan pemerintah Indonesia, khususnya sejak dekade terakhir ini, terutama akibat perkembangan industri yang merupakan tulang punggung peningkatan perekonomian Indonesia. Penanganan limbah merupakan suatu keharusan guna terjaganya kesehatan manusia serta lingkungan pada umumnya, (Djalal, 2002). Namun pengadaan dan pengoperasian sarana pengolah limbah ternyata masih dianggap memberatkan bagi sebagian industri.

Dalam Undang Undang (Republik Indonesia, 2009) disebutkan yang dimaksud dengan limbah adalah sisa suatu usaha dan atau kegiatan, sedangkan yang dimaksud dengan bahan berbahaya dan beracun yang selanjutnya disingkat B3 adalah zat, energy, dan atau komponen lain yang karena sifat, konsentrasi, dan atau jumlahnya, baik secara langsung maupun tidak langsung, dapat mencemarkan dan atau membahayakan lingkungan hidup, kesehatan, serta kelangsungan hidup manusia dan makhluk hidup lain. Adapun yang dimaksud dengan Pengelolaan limbah B3 adalah kegiatan yang meliputi pengurangan, penyimpanan, pengumpulan, pengangkutan, pemanfaatan, pengolahan, dan atau penimbunan, (Damanhuri, 2007).

Dalam pasal 59 disebutkan setiap orang yang menghasilkan limbah B3 wajib melakukan pengelolaan limbah B3, dan setiap pengelolaan limbah B3 wajib mendapat izin dari instansi yang berwenang dalam bidang Lingkungan Hidup. Kewajiban pengolah limbah antara lain adalah Membuat/melakukan AMDAL.

### **Pemanfaatan Abu Terbang dalam Bidang Perkerasan Jalan**

Sisa hasil pembakaran dengan batubara menghasilkan abu yang disebut dengan abu terbang dan *bottom ash* (5-10%). Persentase abu (abu terbang dan *bottom ash*) yang

dihasilkan adalah abu terbang (80-90%) dan bottom ash (10-20%) . [Sumber PJB Paiton]. Berdasarkan *Environmental Protection Agency* (EPA), abu terbang mengandung nikel, vanadium, arsenic, berillium, kadmium, barium, krom, tembaga, molebdenum, seng, timbal, selenium, dan radium yang dapat mengganggu kualitas air tanah dan kesehatan manusia, (Patty, 1996).

Abu terbang dapat digunakan sebagai bahan baik untuk pembuatan agregat buatan dalam campuran beton, bahan tambahan paving blok, mortar, batako, bahan tambah beton aspal, beton ringan dan sebagainya. Sebagai bahan tambah beton, abu terbang dinilai dapat meningkatkan kualitas beton dalam hal kekuatan, kedap air, ketahanan terhadap sulfat dan kemudahan dalam pengerjaan (*workability*) beton (Hadi, 2000). Penggunaan abu terbang juga dapat mengurangi penggunaan semen dan sekaligus sebagai bentuk pemanfaatan limbah yang akan membantu menjaga kelestarian lingkungan.

Abu terbang memiliki sifat pozolan yang terdiri dari unsur-unsur silikat dan atau aluminat yang reaktif. Komposisi kimia masing-masing jenis abu terbang berbeda dengan komposisi kimia semen. Tabel 1 berikut ini menjelaskan komposisi kimia abu terbang dan semen menurut (Urip R, 2003).

**Tabel 1.** Komposisi berbagai jenis abu terbang dan semen Portland

No	Komposisi Kimia	Jenis abu terbang			Semen
		Jenis F	Jenis C	Jenis N	
1	SiO <sub>2</sub>	51.90	50.90	58.20	22.60
2	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	25.80	15.70	18.40	4.30
3	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	6.98	5.80	9.30	2.40
4	CaO	8.70	24.30	3.30	64.40
5	MgO	1.80	4.60	3.90	2.10
6	SO <sub>2</sub> , Na <sub>2</sub> O	0.60	3.30	1.10	2.30
7	K <sub>2</sub> O	0.60	1.30	1.10	0.60

Sumber : Urip,R. 2003

## Stabilisasi Tanah

Pada umumnya, kita dapat membedakan dua jenis stabilisasi yang populer di dalam konstruksi jalan raya yaitu stabilisasi mekanis dan stabilisasi kimiawi.

Stabilisasi Mekanis, terutama mengandalkan penambahan kekuatan dan daya dukung tanah dengan mengatur gradasi butir dari tanah yang dimaksud. Dengan pengertian lain yaitu, syarat stabilisasi tanah secara mekanis didasarkan atas fungsi dari masing-masing fraksi butir didalam tanah yang distabilisasi. Dimana pada umumnya jenis tanah yang distabilkan secara mekanis adalah tanah yang bergradasi baik (*Well graded*), kemudian dibuat sehingga memiliki daya tertentu terhadap deformasi oleh muatan disebabkan karena adanya kait-mengait (*interlock*) dan geseran antara butiran tanah serta daya ikat antara butir oleh bagian tanah yang halus/tanah liat.

Stabilisasi Kimiawi adalah terutama mengandalkan kepada suatu bahan stabilisator (agen stabilisasi), yang dapat mengubah/mengurangi sifat-sifat tanah yang kurang menguntungkan didalam peningkatan untuk mencapai kestabilan yang tinggi, disamping itu juga bahan stabilisator berfungsi sebagai pengikat (*Cemeting action*) terhadap masing-masing butiran tanah satu dengan yang lainnya, (Rifai, 2002).

Bahan stabilisator disamping pemanfaatannya untuk mengikat butir-butir tanah, juga memiliki sifat-sifat lain yang menguntungkan bagi usaha memperbaiki mutu dan daya dukung tanah yang kohesip. Butir-butir tanah liat yang semula berupa keping-keping yang pipih itu, karena suatu proses kerjanya dan sifat pengaruh yang ditimbulkan dari bahan stabilisator sehingga sebagian tanah terikat menjadi butir-butir yang relatif besar, maka kecuali menjadi granular dan berkurangnya daya kohesifnya, juga tanah menjadi bergradasi yang nantinya dapat dipadatkan sampai optimal.

## HIPOTESIS

Abu terbang sebagai limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3) dapat digunakan untuk meningkatkan mutu pada stabilisasi tanah dasar serta yang ramah terhadap lingkungan.

## METODOLOGI

### Bahan Stabilisasi Tanah (*Base Road*)

Secara umum penelitian ini mencakup pengujian laboratorium dan standar acuan yang digunakan, ditunjukkan pada Tabel 2. Pengujian laboratorium dilakukan terhadap contoh tanah sebelum dicampur abu terbang (*untreated*) dan setelah dicampur berbagai variasi prosentase kadar abu terbang (Tabel 3). Untuk campuran tanah dan abu terbang pengujian dilakukan setelah benda uji dirawat (*cured*) selama 7 hari dan 28 hari.

Tabel 2. Jenis pengujian dan standar acuan

No.	Jenis Pengujian	Standar Acuan
1	Berat jenis	SNI 1964 : 2008
2	Analisis ukuran butir	SNI 3423 : 2008
3	Batas cair	SNI 1967 : 2008
4	Batas platis dan indeks plastis	SNI 1966 : 2008
5	Batas susut	SNI 3422 : 2008
6	Kepadatan ringan	SNI 1742 : 2008
7	CBR	SNI 03-1744-1989
8	Kuat tekan bebas	SNI 03-3638-1994

Tabel 3. Komposisi campuran

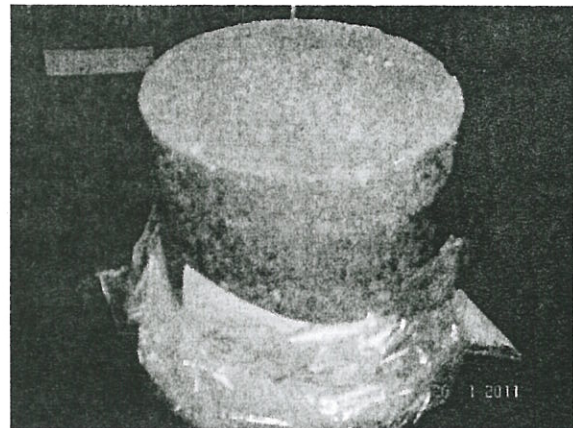
Tipe Campuran	Komposisi, % Massa Kering Tanah	
	Abu Terbang	Kapur
Tipe I (Stabilisasi <i>Fly Ash</i> )	0	-
	5	-
	10	-
	15	-
	20	-
Tipe II (Stabilisasi <i>Fly Ash</i> + Kapur)	5	5
	10	5
	15	5
	20	5

### Analisis Sifat Fisik Stabilisasi Tanah

Pada tahap ini akan dilakukan analisis untuk mengetahui perubahan sifat dan kekuatan tanah setelah melalui proses stabilisasi, yaitu dengan membandingkannya dengan sifat dan kekuatan tanah sebelum proses stabilisasi. Selanjutnya ditentukan jumlah pemakaian abu terbang yang efektif untuk lapis tanah dasar atau perkerasan jalan atau timbunan lainnya.

### Pengujian kimia

Pengujian kandungan kimia (logam) dan TCLP dilakukan pada sampel abu terbang dan tanah (Gambar 1), serta bahan abu terbang yang telah dilakukan pencampuran pada pemanfaatan sebagai bahan stabilisasi tanah (*base road*), dengan mengacu pada PP18/99 jo PP 85/99 dan Keputusan 04/Bapedal/09/1995.



Gambar 1. Sample campuran untuk uji CBR

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hasil Pengujian Pemanfaatan Abu Terbang sebagai Bahan Stabilisasi Tanah

Pengujian dilakukan untuk tanah asli (*untreated*) dan campuran tanah dan abu terbang dan kapur setelah *curing time* sampai 28 hari.

### Sifat, Klasifikasi dan Kekuatan/Daya Dukung Tanah

Sifat dan klasifikasi tanah ditunjukkan pada Tabel 4. Tanah tersebut diklasifikasikan sebagai tanah lempung (A-7-6 menurut

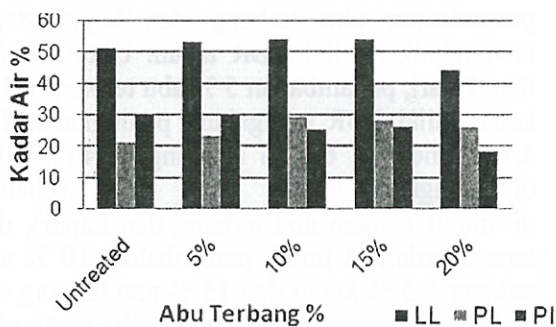
AASHTO). Nilai CBR 4 % dan kuat tekan 1,85 kg/cm<sup>2</sup>. Berdasarkan nilai CBR, tanah tersebut tidak memenuhi persyaratan untuk digunakan sebagai material lapis *subgrade* (CBR < 6 %).

**Tabel 4.** Sifat, klasifikasi dan kekuatan/daya dukung tanah

No.	Jenis Pengujian	Hasil Pengujian
1	Berat jenis	2,68
2	Batas Atterberg:	
	- Batas cair, LL (%)	51
	- Batas plastis, PL (%)	21
	- Indeks plastis, PI (%)	30
3	Analisis Ukuran Butir:	
	- % lolos saringan 19,0 mm	100
	- % lolos saringan 9,5 mm	100
	- % lolos saringan No. 4 (4,75 mm)	99,6
	- % lolos saringan No. 8 (2,36 mm)	98,7
	- % lolos saringan No. 16 (1,18 mm)	97,9
	- % lolos saringan No.30 (0,60 mm)	95,6
	- % lolos saringan No. 40 (0,424 mm)	92,1
	- % lolos saringan No.50 (0,279 mm)	87,9
	- % lolos saringan No.80 (0,177 mm)	76,6
	- % lolos saringan No.100 (0,149 mm)	74,7
	- % lolos saringan No.200 (0,075 mm)	67,6
4	Klasifikasi tanah (AASHTO)	A-7-6 (tanah lempung)
5	Pemadatan:	
	- Kadar air optimum (%)	21
	- Kepadatan kering maksimum (g/cm <sup>3</sup> )	1,62
6	CBR 100 MDD (%)	4
7	UCS (kg/cm <sup>2</sup> )	1,85

### Sifat Plastisitas Campuran Tanah dan abu terbang

Batas cair, batas plastis dan indeks plastisitas tanah setelah ditambahkan dengan berbagai variasi persentase abu terbang ditunjukkan pada Gambar 2.

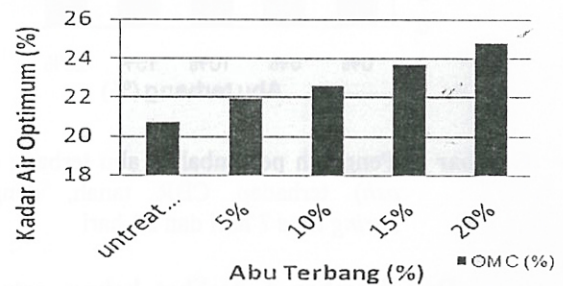


**Gambar 2.** Prosentase abu terbang (*fly-ash*) terhadap sifat plastisitas tanah

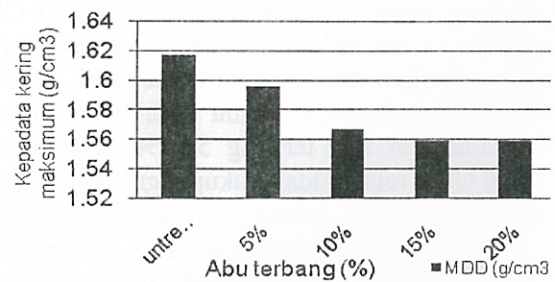
Dari Gambar 2, terlihat bahwa pada penambahan abu terbang 5 – 15 %, batas cair tanah relatif meningkat, selanjutnya batas cair menurun kembali untuk penambahan abu terbang 20 %. Sebaliknya, penambahan abu terbang cenderung meningkatkan batas plastis tanah. Peningkatan batas plastis menyebabkan indeks plastisitas menurun. Hal tersebut menunjukkan bahwa penambahan abu terbang cenderung mengurangi sifat plastisitas tanah. Semakin kecil nilai indeks plastisitas, tanah cenderung semakin baik dan berpotensi untuk digunakan sebagai material jalan.

### Karakteristik Pemadatan Campuran Tanah dan abu terbang

Karakteristik pemadatan tanah setelah ditambahkan dengan beberapa variasi persentase abu terbang ditunjukkan Gambar 3. Dari Gambar 3a) terlihat bahwa kadar air optimum cenderung meningkat sesuai meningkatnya persentase abu terbang yang digunakan. Sebaliknya, Gambar 3b) menunjukkan kepadatan kering maksimum cenderung menurun sesuai meningkatnya persentase abu terbang.



a) Kadar air optimum, OMC



b) Kepadatan kering maksimum, MDD

**Gambar 3.** Pengaruh penambahan abu terbang terhadap karakteristik pemadatan tanah

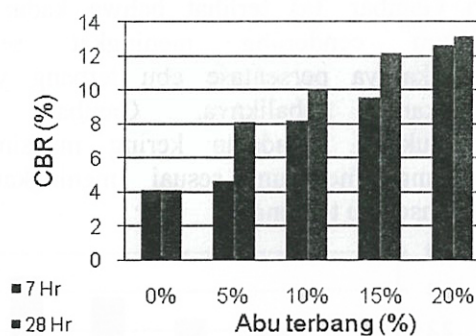
### CBR Campuran Tanah dan abu terbang

Setelah tanah ditambahkan dengan berbagai variasi persentase abu terbang, dan dengan *curing time* 7 hari dan 28 hari, diperoleh nilai CBR sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 5. Pengaruh penambahan abu terbang terhadap nilai CBR ditunjukkan pada Gambar 4.

**Tabel 5.** Nilai CBR campuran tanah dan abu terbang

No.	Abu terbang (%)	Nilai CBR (%)			Peningkatan Nilai CBR (%)	
		0 Hr	7 Hr	28 Hr	7 Hr	28 Hr
		1	0*	4,1	-	-
2	5	-	4,6	8,1	12	98
2	10	-	8,2	10,1	100	146
3	15	-	9,5	12,2	132	198
4	20	-	12,6	13,2	209	222

\*Untreated



**Gambar 4.** Pengaruh penambahan abu terbang (*fly ash*) terhadap CBR tanah, dengan *curing time* 7 hari dan 28 hari

Dari Gambar 4, terlihat bahwa setelah ditambahkan dengan berbagai variasi abu terbang dengan *curing time* 7 hari, nilai CBR tanah mengalami peningkatan jika dibandingkan dengan nilai CBR tanah tersebut sebelum dicampur abu terbang. Untuk penambahan abu terbang 5,0 %, peningkatan nilai CBR relatif tidak cukup signifikan. Ketika penambahan abu terbang ditingkatkan menjadi 10 %, nilai CBR meningkat dari 4,1 % menjadi 8,2 % (peningkatan nilai CBR 100 %) dan terus meningkat untuk penambahan abu terbang 15 % dan 20 % (peningkatan nilai CBR secara berurutan 132 % dan 209 %). Untuk *curing time* 28 hari, nilai CBR untuk setiap variasi

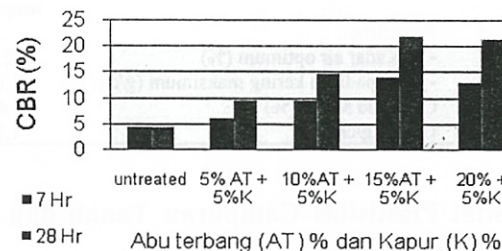
persentase abu terbang mengalami peningkatan sekitar 98 – 222 % jika dibandingkan dengan CBR tanah sebelum dicampur dengan abu terbang.

### CBR Campuran Tanah dan abu terbang dan Kapur

Untuk setiap komposisi abu terbang ditambah lagi dengan kapur 5 %, selanjutnya dilakukan pengujian CBR. Hasil pengujian ditunjukkan pada Tabel 6. Pengaruh penambahan kapur terhadap CBR tanah ditunjukkan pada Gambar 5.

**Tabel 6.** Nilai CBR campuran tanah dan abu terbang + kapur

No.	Komposisi Campuran, %		Nilai CBR (%)				Peningkatan Nilai CBR (% ttd CBR tanah asli)	
	Abu Terbang	Kapur	0 Hr	7 Hr	28 Hr	7 Hr	28 Hr	
	1	0	-	4,1	-	-	-	-
2	5	5	-	6,0	19,3	46	127	
2	10	5	-	9,3	14,7	127	259	
3	15	5	-	13,8	21,7	237	429	
4	20	5	-	12,8	21,3	215	420	

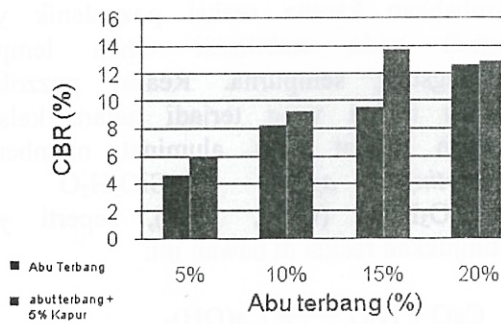


**Gambar 5.** Pengaruh penambahan abu terbang dan 5 % kapur terhadap CBR tanah dengan *curing time* 7 hari dan 28 hari

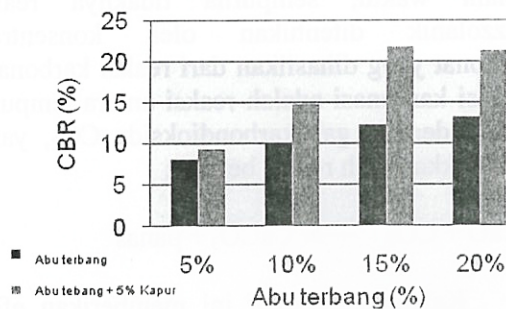
Dari Gambar 5, terlihat bahwa penambahan abu terbang dan kapur dapat meningkatkan nilai CBR tanah. Untuk *curing time* 7 hari, penambahan 5 % abu terbang + 5 % kapur, nilai CBR mengalami peningkatan dari 4,1 % menjadi 6,0 % (meningkat 46 % jika dibandingkan dengan CBR tanah sebelum dicampur dengan abu terbang dan kapur), dan terus meningkat untuk penambahan 10 % abu terbang + 5 % kapur dan 15 % abu terbang + 5 % kapur (Secara berurutan, CBR meningkat 127 % dan 237 %). Untuk penambahan 20 % abu terbang + 5 % kapur, CBR relatif

mengalami penurunan jika dibandingkan dengan nilai CBR untuk penambahan 15 % abu terbang + 5 % kapur. Hal yang sama terjadi setelah *curing time* ditingkatkan menjadi 28 hari. Nilai CBR terus meningkat sesuai meningkatnya persentase abu terbang (persentase kapur tetap) yang digunakan. Akan tetapi untuk penambahan 20% abu terbang + 5% kapur, nilai CBR menurun kembali.

Penambahan 5% kapur cenderung meningkatkan nilai CBR campuran tanah dan abu terbang. Sebagai ilustrasi, lihat Gambar 6. dan Gambar 7.. Peningkatan cukup signifikan terjadi pada campuran 15 % abu terbang, yaitu dari 9,5 % menjadi 13, % (CBR meningkat 45 %) untuk *curing time* 7 hari dan dari 12,2 % menjadi 21,7 % (CBR meningkat 78 %) untuk *curing time* 28 hari.



**Gambar 6.** Pengaruh penambahan 5 % kapur terhadap CBR campuran tanah dan abu terbang (*fly ash*), dengan *curing time* 7 hari



**Gambar 7.** Pengaruh penambahan 5 % kapur terhadap CBR campuran tanah dan abu terbang (*fly ash*), dengan *curing time* 28 hari

## Pengujian Karakteristik Kimia dan TCLP dari Abu terbang

### Kadar Logam (*metal contents*)

**Tabel 7.** Hasil Pengujian Kadar Logam dari Abu terbang

Parameter	Abu Terbang				Kadar maks.Kep. 04/Bapedal/09/1995	
	1	2	3	4	A	B
As	2,48	2,47	6,30	1,315	300	30
Ba	712,95	676,71	503,83	33,88	-	-
Cd	3,85	4,38	4,929	71,651	50	5
Cr	17,34	65,75	12,05	4,238	2500	250
Cu	19,27	65,75	8,21	10,199	1000	100
Co	39,64	42,74	9,86	0,041	500	50
Pb	0,28	0,27	0,27	10,81	3000	300
Hg	0,003	0,003	0,004	0,00378	20	2
Mo	49,55	41,10	49,29	40,10	400	40
Ni	57,53	971,78	343,37	-	1000	100
Sn	352,35	416,44	287,51	-	500	50
Se	1,93	4,38	4,655	-	100	10
Ag	0,28	0,27	0,274	0,000	-	-
Zn	143,14	160,00	21,63	50,02	5000	500

Satuan /Unit : (mg/kg dry weight), sample abu terbang dari Kab.Bekasi (1 s/d 3) dan PT.RAPP (A)

Pemeriksaan kandungan logam berat dilakukan pada 16 parameter anorganik yang mengacu pada keputusan Bapedal Kep-04/Bapedal/09/1995. Hasil pemeriksaan dapat dilihat pada tabel 7. Dari hasil analisis logam berat tersebut, dapat dilihat bahwa logam yang memiliki konsentrasi cukup tinggi adalah Ba, Cd, Cu, Co, Mo, Ni, Sn, dan Zn dan diperkirakan akan memiliki konsentrasi yang besar jika dilakukan uji pelindian. Dengan demikian logam-logam tersebut yang akan dianalisis dalam uji pelindian pemanfaatan abu terbang untuk stabilisasi tanah melalui uji TCLP.

Pada umumnya hasil uji kandungan logam dari material abu terbang, berdasarkan keputusan No 04 Bapedal tahun 1995, bahwa kadar logam ada yang lebih besar dari kolom B, serta seluruhnya lebih kecil dari kolom A, diantar unsur yang rata-ratanya melebihi kolom B adalah Molybdenum (Mo), Nikel (Ni), dan Timah (Sn), menurut keputusan Bapedal maka kategori *landfill* untuk pengelolaan material abu terbang tersebut termasuk kategori II.

### Hasil Pengujian TCLP

Hasil Uji TCLP abu terbang yang disampaikan dalam Tabel 8 dan Tabel 9, memberikan gambaran untuk semua kandungan logam berat masih jauh di bawah baku mutu standar Lingkungan Hidup Peraturan Pemerintah nomor 85 tahun 1999, (Sudarsono, 2006).

**Tabel 8.** Hasil Uji TCLP Abu terbang

No	Parameter	TCLP (mg/L) Abu terbang			PP 18/99 jo PP 85/99	USEPA
		1	2	3		
01	As	0,003	0,003	0,003	5	5
02	Ba	0,765	0,511	0,435	100	100
03	B	3,655	4,445	2,210	500	-
04	Cd	0,029	0,052	0,051	1	1
05	Cr	0,001	0,001	0,001	5	5
06	Cu	0,041	0,091	0,015	10	-
07	Pb	0,200	0,192	0,185	5	5
08	Hg	0,0002	0,0002	0,0002	0,2	0,2
09	Se	0,010	0,012	0,015	1	1
10	Ag	0,001	0,001	0,001	5	5
11	Zn	2,455	4,421	2,145	50	-

Analisa : TCLP GLASS JAR, USEPA SW 846 METHOD 1311  
USEPA: United States Environmental Protection Agency

**Tabel 9.** Hasil Uji TCLP

No	Parameter	TCLP (mg/L)				USEPA
		Abu terbang	Tanah Lokal	Base Road*	PP 18/99 jo PP 85/99	
01	As	0,009	0,015	0,699	5	5
02	Ba	1,423	0,023	56,680	100	100
03	B	-	-	-	500	-
04	Cd	0,017	<0,010	23,716	1	1
05	Cr	<0,010	<0,010	0,265	5	5
06	Cu	0,006	0,046	7,012	10	-
07	Pb	0,356	0,050	7,580	5	5
08	Hg	0,00105	0,00126	0,00252	0,2	0,2
09	Se	-	-	-	1	1
10	Ag	0,007	0,000	0,036	5	5
11	Zn	0,052	0,139	8,404	50	-

Analisa : TCLP GLASS JAR, USEPA SW 846 METHOD 1311

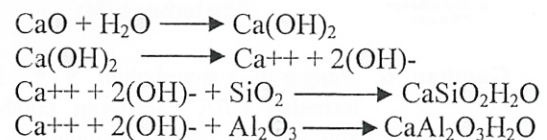
\*) Base road adalah material campuran abu terbang hatuhara, lime dan tanah lokal setelah 1 minggu

### PEMBAHASAN

Dari hasil kajian abu terbang cukup baik untuk digunakan sebagai bahan ikat karena bahan penyusun utamanya adalah silikat

dioksida (SiO<sub>2</sub>), alumunium (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) dan Ferum oksida (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), (Mackiewiz, 2005). Oksida-oksida tersebut dapat bereaksi dengan kapur bebas ketika bereaksi dengan air. Hal ini terbukti dengan hasil stabilisasi tanah lempung dari Gambar 3, terlihat bahwa setelah ditambahkan dengan berbagai variasi abu terbang dengan *curing time* 7 hari penambahan abu terbang 15 % dan 20 % (peningkatan nilai CBR secara berurutan 132 % dan 209 %). Untuk *curing time* 28 hari, nilai CBR untuk setiap variasi persentase abu terbang mengalami peningkatan sekitar 98 – 222 % jika dibandingkan dengan CBR tanah sebelum dicampur dengan abu terbang

Penambahan abu terbang 15% dan 20% pada stabilisasi tanah lempung meningkatkan kekuatan tekan 98 -222 % dibandingkan dengan komposisi tanpa abu terbang. Hal ini disebabkan karena reaksi pozzolanik yang terjadi pada stabilisasi tanah lempung berlangsung sempurna. Reaksi pozzolanik adalah reaksi yang terjadi antara kalsium dengan silikat atau aluminat membentuk *cementing agent* (CaSiO<sub>2</sub>H<sub>2</sub>O dan CaAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>H<sub>2</sub>O) (Gray, 1993); seperti yang ditunjukkan reaksi di bawah ini:



*Cementing agent* ini sifat keras dan kaku. Selain waktu, sempurna tidaknya reaksi pozzolanik ditentukan oleh konsentrasi karbonat yang dihasilkan dari reaksi karbonasi. Reaksi karbonasi adalah reaksi antara lempung (CaO) dengan gas karbondioksida CO<sub>2</sub>, yang ditunjukkan oleh reaksi berikut:



Kalsium karbonat ini memberikan efek yang lemah dan menghalangi terjadinya reaksi pozzolanik yang optimal, (Heebink, 2001).

Kadar air sangat mempengaruhi proses dan hasil pemadatan tanah. Seperti telah diketahui bahwa pemadatan tanah harus



dilakukan pada kondisi kadar air optimum tanah yang bersangkutan. Bila pemadatan dilakukan pada kadar air kurang dari kadar air optimumnya maka hasil pemadatan tidak akan stabil terutama bila kadar air tanah berubah maka akan terjadi perubahan volume tanah yang menyebabkan ketidak stabilan hasil pemadatan tadi. Penambahan abu terbang cenderung meningkatkan kadar air optimum dan menurunkan kepadatan kering maksimum.

Penambahan abu terbang menurunkan sifat plastisitas tanah, dinyatakan dengan penurunan indeks plastisitas. Penurunan sifat plastisitas ini cenderung terus meningkat sesuai meningkatnya persentase abu terbang yang digunakan.

## KESIMPULAN

1. Penambahan abu terbang menurunkan sifat plastisitas tanah, dinyatakan dengan penurunan indeks plastisitas. Penurunan sifat plastisitas ini cenderung terus meningkat sesuai meningkatnya persentase abu terbang yang digunakan.
2. Penambahan abu terbang cenderung meningkatkan kadar air optimum dan menurunkan kepadatan kering maksimum.
3. Penambahan abu terbang dapat meningkatkan nilai CBR tanah. Peningkatan nilai CBR semakin tinggi sesuai peningkatan persentase abu terbang yang digunakan (peningkatan maksimum terjadi pada penambahan abu terbang 20 %).
4. Penambahan 5 % kapur dapat meningkatkan nilai CBR campuran tanah dan abu terbang. Untuk CBR, peningkatan cukup signifikan terjadi pada persentase abu terbang 15 %.
5. Sesuai persyaratan Bina Marga atau Standar Nasional Indonesia (SNI), penambahan 5 - 20 % abu terbang dapat meningkatkan penggunaan tanah lempung menjadi material lapis tanah dasar (*subgrade*). Penambahan 5 % kapur relatif tidak dapat meningkatkan fungsi material.
6. Memperhatikan kandungan logam dari abu terbang, maka limbah abu terbang pengelolaan tempat penimbunannya di *landfill* kategori II (*Secure Landfill Single Liner*),
7. Hasil Uji TCLP abu terbang untuk semua kandungan logam berat masih di bawah baku mutu standar Lingkungan Hidup Peraturan Pemerintah nomor 85 tahun 1999.

## SARAN

Bahan limbah abu terbang dari hasil kajian aspek Lingkungan, memberikan gambaran, masih dibawah baku mutu dan dikategorikan tidak berbahaya, sehingga layak dari aspek lingkungan dalam pelaksanaan skala lapangan perlu dilakukan upaya-upaya pengelolaan lingkungan hidup sekitar lokasi kegiatan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Damanhuri, Enri dan Tri Padmi Damanhuri, 2007. *Pengelolaan Limbah B3*, Teknik Lingkungan ITB.
- David. J. White, 2005. *Fly Ash Soil Stabilization*, IOWA State University.
- Djalal, Shalahuddin Tanjung, 2002. *Toksikologi Lingkungan*, Pusat Studi Lingkungan Hidup. Universitas Gajah Mada. Yogyakarta.
- Gray, D.H., E.Tons and T.R. Thiruvengadam, 1993. *Performance Evaluation of a cement-stabilized fly ash base*, Transportation Research Record 1440.
- Hadi, Sofwan, 2000. *Pengaruh ukuran butir dan komposisi abu terbang PLTU Surabaya sebagai pengisi dan pozolan*. <http://digilib.itb.ac.id/go.php?id=jbptit-gdl-s2-2005-robytriaw-1813>
- Heebink, Loreal V. and David J. Hassett, 2001. *Coal Fly ash Trace Element Mobility in Soil Stabilization*, International Ash Utilization Symposium, Center for Applied Energy Research, University of Kentucky.

- Iwan, J. Azis cs. 2010. *Pembangunan Berkelanjutan*, p.23, Kepustakaan Popular Gramedia, Jakarta.
- Patty, Frank A. (Ed), 1996. *Industrial Hygien and Toxicology II*, Interscience Publishers, p. 915 – 936.
- Rifai, Ahmad, 2002. *Noriyuki Yasufuku and Kazuyoshi Tsuji, Characterization and effective Utilization of Coal ash as Soil Stabilization on Road Application*, Departement of Civil and Environmental Engineering, Gadjah Mada University.
- Sudarsono, 2006. *Himpunan Peraturan Perundang undangan di bidang Pengelolaan lingkungan Hidup*, Kementrian Lingkungan Hidup, Jakarta.
- Tjitro, Soejono dan Hendri, 2009. *Pengaruh abu terbang terhadap Perkuatan Tekan dan Kekerasan Cetakan Pasir*, Seminar Nasional Teknik Mesin 4, UK Petra Surabaya.
- Urip, Ratmaya, 2003. *Teknologi semen dan beton: Fly ash, mengapa seharusnya dipakai pada beton Gresik*, PT. Semen Gresik Indonesia dan PT. Varia Usaha Beton.