

PENGARUH DURABILITAS TERHADAP STABILISASI SUB BASE JALAN DENGAN FLY ASH DARI PLTU ASAM ASAM KALIMANTAN SELATAN

Arief Subakti Ariyanto¹⁾

¹⁾Staf Pengajar Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Semarang
Jl. Prof. Soedarto, SH Tembalang, Semarang, Jawa Tengah 50275
Email : subaktiariyanto@yahoo.com

ABSTRAK

Penggunaan batu bara sebagai bahan bakar PLTU menyebabkan masalah serius terhadap lingkungan. Limbah yang dihasilkan dapan berupa fly ash, bottom ash dan gipsum yang selama ini di tumpuk pada gudang limbah. Salah satu solusi penggunaan Fly ash adalah sebagai material stabilisasi sub base jalan di sekitar lokasi. Suatu struktur perkerasan jalan setelah dilaksanakan akan mengalami perubahan musim penguapan dan kemarau. Pada musim penghujan lapis sub base akan mengalami genangan air merupakan masalah yang harus diatasi. Penelitian ini dimaksudkan untuk mendapatkan manfaat penggunaan limbah fly ash untuk sub base jalan dan pengaruh durabilitas akibat perubahan musim. Perubahan musim tersebut dapat dimodelkan dengan uji durabilitas dengan 12 siklus basah kering . Berdasarkan pengujian, sub base termasuk tanah A-2 -7 sesuai USCS, dengan nilai CBR 51% pada densitas maksimum melebihi yang dipersyaratkan yaitu sebagai sub base yaitu CBR 35 % dan nilai q_u dari UCS test 22,702 kg/cm² pass the minimal requirement 22 kg/cm². Uji durabilitas menunjuk sample memberikan hasil prosentase kehilangan akibat siklus sebesar 6,43 % kurang dari 10% for A-2-7 soil type.

Kata kunci : Fly ash, Sub base, Durability

PENDAHULUAN

Dewasa ini banyak pelaku industri telah mengganti sumber tenaga pada pembangkit uap / boiler dengan menggunakan bahan batu bara. Dengan semakin meningkatnya pemakaian batu bara maka beban lingkungan juga akan semakin berat. Untuk itu perlu diantisipasi dengan pemakaian teknologi batu bara bersih dan pemanfaatan secara optimal dari limbah batu bara (fly ash). Pemanfaatan limbah fly ash akan sangat membantu program pemerintah dalam mengatasi pencemaran lingkungan sekaligus sebagai bahan stabilisasi tanah untuk konstruksi jalan pada tanah - tanah yang secara teknis bermasalah maupun keperluan lain dibidang teknik sipil (S.P.R. Wardani, 2008).

Stabilisasi tanah untuk sub base jalan dilakukan sebagai solusi terhadap banyak material tanah di lapangan yang tidak dapat digunakan sebagai bahan dasar dalam pengerjaan konstruksi jalan, melalui perbaikan sifat teknis diharapkan kekuatan sub base dapat meningkat sehingga akan mengurangi dampak kegagalan konstruksi. Perbaikan material tanah sebagai sub base jalan dilakukan dengan menambahkan bahan serbuk pengikat sehingga material tanah tersebut dapat digunakan sebagai lapisan pondasi pada konstruksi jalan. Bahan serbuk pengikat untuk stabilisasi tanah yang banyak dan biasa digunakan untuk memperbaiki sifat material tanah (Departemen Pekerjaan Umum, 2010) adalah : Portland Cement , Kapur, Campuran Ground Granulated Blast Furnace Slag

(GGBFS) dan kapur, campuran *Portland Cement*, kapur, dan abu terbang (*fly ash*), campuran kapur dan *fly ash*, campuran GGBFS, kapur, dan *fly ash*.

Stabilisasi tanah dengan *fly ash* terjadi karena reaksi yang dapat terjadi antara *fly ash* dan tanah menurut (*American Coal Ash Association*, 2003). Kalsium yang terdapat pada *fly ash* bereaksi dengan mineral tanah terutama aluminat serta silikat yang reaktif terhadap *fly ash*. Reaksi yang terjadi menghasilkan masa yang keras dan kaku yang menghasilkan masa seperti pada proses hidrasi *Portland Cement*. Bahan-bahan mineral di dalam tanah membentuk suatu reaksi yang disebut *Puzolanic Action*. Peristiwa *cementing action* merupakan reaksi yang lambat, tidak hanya tergantung pada efektif konsentrasi dari bahan-bahan yang bereaksi tetapi tergantung suhu. Ca(OH)_2 memiliki tingkat kelarutan yang rendah pada suhu tinggi, sedangkan material SiO_2 memiliki kelarutan yang lebih tinggi pada suhu yang sama.

Di dalam *fly ash* karbon memiliki sifat yang cenderung tidak reaktif sehingga bersifat menghambat proses *Cementing Action*. Penambahan *fly ash* ke dalam tanah memiliki maksud supaya terjadi reaksi *pozzolanic*, yaitu reaksi antara kalsium dan silikat. Unsur silika terdapat di dalam tanah sedangkan kalsium (CaO) berasal dari *fly ash* sehingga menghasilkan reaksi *pozzolanic*. Dengan semakin banyaknya kasus tanah bermasalah teknis yang ada baik seluruh negara di dunia termasuk di Indonesia dan masih melimpahnya jumlah limbah batu

bara (*fly ash*) yang belum optimal dimanfaatkan sehingga menjadi permasalahan lingkungan yang cukup serius. Berkaitan dengan hal tersebut, terdapat beberapa penelitian mengenai stabilisasi tanah dengan menggunakan *fly ash*.

Berbagai penelitian sudah dilakukan terhadap penggunaan campuran *Portland Cement* dan *fly ash* untuk stabilisasi tanah sebagai pengganti pemakaian *Portland Cement* saja karena stabilisasi dengan *Portland Cement* saja akan menimbulkan retak-retak. Dalam penelitian tersebut dengan penggunaan bahan aditif (berupa campuran PC ditambah *fly ash*) yang digunakan relatif tinggi (lebih dari 15% dari berat kering tanah aslinya) menjadi tidak ekonomis. (Indraratna, 1995).

Hasil penelitian lain menyebutkan perilaku stabilisasi tanah *sub grade* dengan menggunakan 2% *Portland Cement* + 4% *fly ash* dengan *repeated (cyclic) loading* diperoleh campuran yang lebih ekonomis karena material uji tersebut lebih kuat dan sedikit lebih kaku dari pada tanah asli. Walaupun ikatan telah rusak bahan aditif masih memberikan kekuatan (*strength* dan *stiffness*) yang lebih tinggi, karena penambahan *interlocking* dan *coating* oleh *Portland Cement fly ash* (SPR. Wardani, 2008).

Dari laporan teknis PLTU Asam Asam 2012 penggunaan *fly ash* untuk stabilisasi *sub grade* jalan komposisi penggunaan *fly ash* sebagai material tambahan stabilisasi tanah dinaikkan secara bertahap mulai dari 2% ,4% 8% ,10 % ,12% ,15% menunjukkan penambahan *fly*

ash mencapai titik optimum pada 8% dari berat kering tanah. Penambahan *fly ash* mulai 2% - 8% memiliki nilai CBR cenderung naik sedangkan setelah lebih dari 8 % menunjukkan penurunan nilai CBR, masih dari penelitian tersebut juga disebutkan untuk *sub grade* jalan campuran yang memenuhi syarat kekuatan adalah campuran dengan komposisi penambahan 4% *Portland Cement* dan 8% *fly ash*.

Selain syarat kekuatan suatu konstruksi tanah terstabilisasi juga harus memiliki keawetan/durabilitas yang baik. Penggunaan tanah terstabilisasi dengan *fly ash* dan *Portland Cement* sebagai struktur konstruksi jalan, tentunya akan memiliki efek terutama bila lapis permukaan mengalami kerusakan berat, maka saat musim hujan akibat genangan air, maka partikel air akan masuk meresap kedalam pori - pori material perkerasan. Bila kondisi ini berlangsung setiap tahun, sebagai akibat musim hujan dan musim kemarau, proses ini akan mengakibatkan pengaruh terhadap daya dukung lapis pondasi yang menggunakan metoda stabilisasi tanah dengan *fly ash* dan *Portland Cement*.

Durabilitas merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi perilaku stabilisasi tanah. Faktor lain yang berpengaruh adalah *soil plasticity, permeability, strength, endurance, thermal properties, volume change* dan *particle deformation* (Kezdi, 1979).

Untuk mengetahui pengaruh durabilitas terhadap lapis *sub base* dari stabilisasi tanah dengan *Fly ash* dan *Portland Cement*, maka perlu dilakukan pengujian terhadap

kekuatan lapisan tersebut, dengan menggunakan beberapa periode siklus basah kering. Dari penelitian sebelumnya mengenai uji durabilitas menyebutkan bahwa uji durabilitas pada tanah lempung berpasir di daerah Lampung terstabilisasi dengan material berbutir pada siklus ke 4 menyebabkan daya dukung tanah berkurang yaitu CBR tanah menjadi CBR 96% (<100%) dan menyebabkan meningkatnya nilai Plastisitas tanah (Adha, Idmarmadi, 2009) sehingga di perlukan penanganan pada sistem drainase badan jalan.

Untuk mendapatkan hasil yang optimal dari penambahan bahan aditif, selain ketepatan dalam menentukan jumlah dan kombinasi bahan aditif juga dipengaruhi oleh metode perawatan yang diberikan selama dari proses pencampuran, pemadatan sampai proses pengujian. Berdasarkan penelitian yang ada sebelumnya maka perlu dilakukan penelitian stabilisasi tanah menggunakan *fly ash* dan *Portland Cement* untuk *sub base* jalan. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui ketahanan campuran material stabilisasi terhadap perubahan cuaca di lapangan. Pengujian ini akan menghasilkan persentase kehilangan campuran tanah *Portland Cement*, kadar air dan perubahan *volume* (kembang susut) yang disebabkan oleh proses pembasahan dan pengeringan berulang pada tanah *Portland Cement* dan *fly ash* yang sudah mengeras. Setelah dilakukan stabilisasi tanah dengan campuran *fly ash* maka tanah untuk *sub base* harus memenuhi beberapa kriteria seperti pada tabel 1 dan tabel 2.

Batu bara sebagai bahan bakar PLTU menyebabkan masalah serius terhadap lingkungan. Limbah yang dihasilkan dapat berupa *fly ash*, *bottom ash* dan gipsum yang selama ini di tumpuk pada gudang limbah. Salah satu solusi penggunaan *Fly ash* adalah sebagai material stabilisasi *sub base* jalan di sekitar lokasi. Suatu struktur perkerasan jalan setelah dilaksanakan akan mengalami perubahan musim pengujian dan kemarau. Pada musim penghujan lapis *sub base* akan mengalami genangan air merupakan masalah yang harus diatasi.

Penelitian ini dimaksudkan untuk mendapatkan manfaat

penggunaan limbah *fly ash* untuk *sub base* jalan dan pengaruh durabilitas akibat perubahan musim. Perubahan musim tersebut dapat dimodelkan dengan uji durabilitas dengan 12 siklus basah kering. Berdasarkan pengujian, *sub base* termasuk tanah A-2-7 sesuai USCS, dengan nilai CBR 51% pada densitas maksimum melebihi yang dipersyaratkan yaitu sebagai *sub base* yaitu CBR 35 % dan nilai q_u dari UCS test 22,702 kg/cm² *pass the minimal requirement* 22 kg/cm². Uji durabilitas menunjukkan *sample* memberikan hasil prosentase kehilangan akibat siklus sebesar 6,43 % kurang dari 10% *for A-2-7 soil type*.

Tabel 1. Persyaratan Kekuatan dan *Durability* Tanah yang Telah Distabilisasi (Departemen Pekerjaan Umum 2007)

Pengujian	Acuan	Batas-batas sifat
Kuat tekan bebas (<i>Unconfined Compressive Strength / UCS</i>)	SNI 03-6887-2002	2,1 – 2,8 MPa *) (21 – 28) kg/cm ²
<i>California Bearing Ratio</i> (CBR) **) a) Lapis fondasi (<i>Base</i>) b) Lapis fondasi bawah (<i>Subbase</i>)	SNI-03-1744-1989	Minimum 90% Minimum 35%
Pengujian basah dan kering (nilai durabilitas)% Kehilangan Berat klasifikasi tanah : A-1, A-2-4, A-2-5, dan A-3 klasifikasi tanah : A-2-6, A-2-7, A-4, dan A-5 klasifikasi tanah : A-6 dan A-7	SNI 13-6427-2000	Maksimum 14% Maksimum 10% Maksimum 7%

Keterangan : akan menghasilkan stabilisasi tanah yang mempunyai daya dukung, durabilitas, dan sifat susut yang baik. Pada umumnya untuk stabilisasi menggunakan

Portland Cement, nilai tersebut akan dicapai pada umur pemeraman 7 hari. Nilai CBR dalam kondisi setelah rendaman (*soaked*).

Tabel 2. Nilai Tipikal Desain Kuat Tekan Bebas dan *Flexural* untuk Bahan Jalan yang Telah Distabilisasi (Departemen Pekerjaan Umum, 2007)

Derajat pengikatan nilai stabilisasi	Desain kekuatan – 28 hari		<i>Design flexural modulus</i>	
	M	kg/cm ²	M	kg/cm ²
Rendah (<i>modified</i>)	UCS ≤ 1	UCS ≤ 10	≤ 1000	≤ 10.000
Sedang (<i>lightlybound</i>)	1 < UCS < 4	10 < UCS < 40	1.500 - 3.000	15.000 - 30.000
Tinggi	UCS ≥ 4	UCS ≥ 40	≥ 3000	≥ 30.000

Keterangan : Pengujian kekuatan dapat menggunakan CBR.

Sub base terstabilisasi menggunakan *fly ash* yang merupakan limbah B3 sehingga diwajibkan Pengujian kelarutan dan toksikologi Keputusan Kepala Bapedal Nomor 03/Bapedal/09/1995 yaitu uji TCLP berdasarkan US.EPA SW-846.1311 dan LD50 . Sampel uji CBR dalam kondisi peram dan rendam kemudian di haluskan dan di kirim ke laboratorium Balai Besar Pencemaran Industri.

METODE PENELITIAN

Pengujian durabilitas dilakukan sesuai SNI 13-6427-2000 terhadap tanah terstabilisasi sebanyak 2 buah dengan ukuran *mold Proctor*, sampel pertama untuk uji keausan sedangkan sampel kedua untuk kehilangan berat dan faktor kehilangan air semen. Selain uji seperti yang tercantum pada SNI dilakukan juga uji Hubungan antar siklus durabilitas terhadap kekuatan tanah dari uji UCS, serta dilakukan analisa uji potensi pengembangan akibat siklus durabilitas. Pengujian basah kering durabilitas dalam pelaksanaannya akan menggunakan batuan pengeringan dengan oven pengering.

Prosedur pengujian siklus durabilitas dilakukan dengan langkah sebagai berikut : 1) Campuraan terpilih yang memenuhi syarat dibuat kemudian dimasukkan ke dalam *mold proctor* sebanyak 2 buah dengan *prosedure* pemadatan pada Uji CBR. 2) Benda uji yang sudah dikeluarkan dari *mold proctor* disimpan selama 7 hari di dalam ruangan lembab bebas air. 3) Benda uji direndam di dalam air bersih selama 5 jam dikeringkan dengan kain, ditimbang dan diukur untuk mengetahui perubahan *volume* dan

kadar air. 4) Benda uji dimasukkan dalam oven dengan suhu ($710C \pm 30C$) selama 42 jam kemudian diukur dan ditimbang. Untuk sampel no.2 dilakukan penyikatan dengan sikat kawat baja sebanyak 13-20 kali pada sisi vertikal, pada permukaan atas dan bawah di lakukan penyikatan 4 kali, setelah itu untuk masing - masing sampel kemudian diukur dan ditimbang. 5) Langkah 2 dan 3 merupakan 1 siklus dengan durasi waktu selama 47 jam dan dilakukan sampai 12 siklus. 6) Setelah 12 siklus pengujian, benda uji di oven sampai kering sampai masa konstan ($110\ 0C \pm 50C$) diukur dan ditimbang untuk menentukan massa kering oven. 7) Setelah pengujian selesai dilanjutkan dengan menghitung persentase tanah yang hilang akibat siklus durabilitas.

Pengujian ini dilakukan untuk memperoleh gambaran secara jelas pengaruh siklus durabilitas basah kering terhadap kekuatan tanah sub base jalan. Cara pengujian dilakukan dengan cara sebagai berikut : 1) Campuran terpilih dibuat dalam *mold CBR* dengan perlakuan dan pemadatan sama pada campuran terpilih, kemudian diambil sebanyak 3 buah per sampel kemudian sampai didapatkan 12 sampel. Kemudian sampel diperam di tempat yang dapat mempertahankan kadar air agar dapat berhidrasi dengan lama pemeraman 7 hari. 2) Benda uji direndam di dalam air bersih selama 5 jam dikeringkan dengan kain. 3) Benda uji dimasukkan dalam oven dengan suhu ($710C \pm 30C$) selama 42 jam. 4) Langkah 2,3,4 adalah satu siklus Durabilitas setiap satu siklus, sampel UCS kemudian diambil untuk dilakukan uji UCS. 5)

Pengujian dilakukan sampai dua belas siklus.

Pengujian perubahan basah kering/durabilitas terhadap kembang susut tanah sampel tanah terstabilisasi yang contoh tanahnya yang digunakan pada siklus basah kering durabilitas digunakan juga untuk mendapatkan data potensi mengembang. Nilai potensi mengembang di peroleh dari perubahan *volume* dan berat sampel uji pada setiap siklus basah kering terhadap berat sebelumnya.

Pengujian kelarutan dan toksikologi dilaksanakan sebagai persyaratan pemanfaatan limbah B3 *Fly ash*. Kandungan logam berat di

dalamnya dikategorikan berbaya atau tidak dapat diukur dengan pengujian kelarutan dan toksikologi yang dilakukan adalah uji TCLP dan LD50. Cara Pengujiannya Sampel uji CBR di haluskan kemudian dilakukan pengujian di Laboratorium Balai Besar Pencegahan dan Pencemaran Industri Jl. Ki Mangun Sarkoro No.6 Semarang.

HASIL DAN PEMBAHASAN

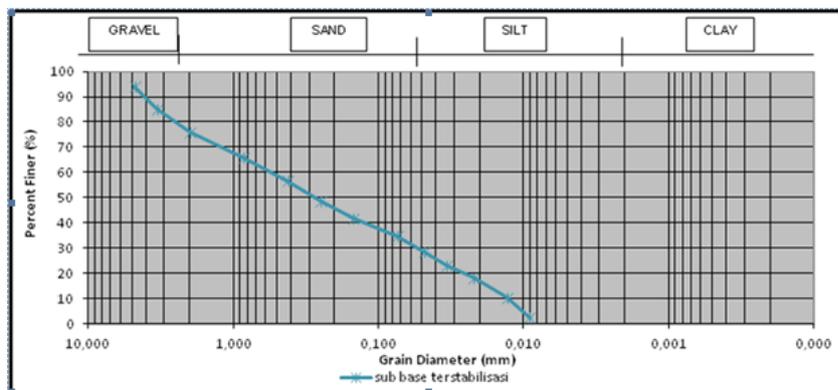
Berdasarkan hasil pengujian hasil *properties* material uji meliputi *Specific Gravity*, batas - batas konsistensi *Atterberg* dan Gradasi butiran sebagaimana terlihat dalam table 3.

Tabel 3. Indeks Tanah *sub base* terstabilisasi

Typo Pengujian	Acuan	Syarat	Hasil Pengujian
Atterberg limit :			
a) Batas cair, LL (%)	SNI 03-1967-1990	Maks 41	41
b) Batas plastis, PL (%)	SNI 03-1966-1990	Min 11	26
c) Indeks plastisitas, PI (%)			15
Klasifikasi tanah (AASHTO)		AASHTO	A-2-7
CBR rendaman (<i>Soaked</i>)	SNI 03-1744-1989	Min 35%	51%

Sedangkan dari uji analisa agregat dan uji *hydrometer* terhadap dua sampel tanah diperoleh hasil

distribusi contoh tanah sebagaimana disajikan dalam gambar 1.



Gambar 1. Distribusi Butiran Hasil Uji *Hydrometer* dan Analisa Saringan M.I.T *Classification* Tanah Terstabilisasi

Pengamatan dilakukan terhadap Sampel dengan campuran *sub base* terstabilisasi dilakukan selama 12 siklus dengan waktu setiap siklus adalah 48 jam dengan waktu perendaman/pembasahan 5 jam dan pengeringan dengan oven pada suhu ($710C \pm 30C$) selama 42 jam. Hasil pengamatan persentase kehilangan berat, persentase keausan dan potensi mengembang serta UCS akibat siklus pembasahan dan pengeringan terlihat pada tabel 4.

Tabel 4. Hasil Uji Durabilitas Campuran Terpilih

Siklus Ke	Persen Kehilangan Berat	Persen Keausan	UCS		Swel Potensial
			Su kg/cm^2	qu kg/cm^2	
0			22,71	11,35	
1	0,24	0,30	22,47	11,24	0,85
2	2,44	0,12	22,39	11,20	0,85
3	2,44	0,12	21,92	10,96	1,95
4	3,17	0,06	21,53	10,77	2,80
5	4,82	0,06	21,53	10,77	1,97
6	5,31	0,06	21,14	10,57	1,97
7	5,70	0,03	21,14	10,57	1,97
8	5,89	0,03	21,06	10,53	0,85
9	6,07	0,03	21,06	10,53	0,85
10	6,19	0,03	21,06	10,53	0,85
11	6,35	0,03	21,06	10,53	0,85
12	6,53	0,03	21,06	10,53	0,85

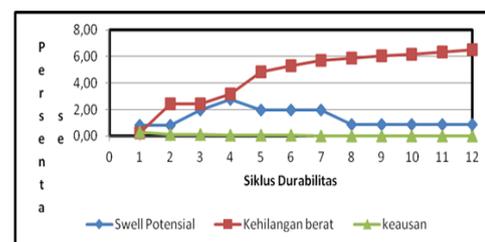
Performa tanah terhadap daya tahan uji basah kering memenuhi syarat, tanah terstabilisasi memiliki nilai persen kehilangan berat sebesar 6,53 % lebih kecil dari 10 % sesuai Tabel 1 Persyaratan Kekuatan dan *Durability* Tanah yang Telah Distabilisasi (Departemen Pekerjaan Umum 2007).

Pada Uji keausan semua benda uji menunjukkan kecenderungan penurunan persentase dari siklus sebelumnya dengan penurunan terbesar terjadi pada siklus ke 1 yaitu sebesar 0,3 %.

Semua benda uji menunjukkan kecenderungan penurunan nilai

swell potensial dari siklus sebelumnya. Potensi mengembang mengalami kenaikan pada rentang siklus ke 1 sampai ke 4, kemudian mengalami penurunan pada siklus berikutnya.

Dari uji durabilitas terhadap sampel uji keausan dan sampel uji kehilangan berat, diperoleh hubungan dengan sampel uji tersebut dengan *swell* potensial yang diperoleh dari perubahan berat tiap siklus. Hubungan antara uji durabilitas dengan *swell* potensial dapat dilihat pada gambar 2. Dari gambar 2 terlihat bahwa kehilangan berat, keausan dan *swell* potensial terbesar terjadi dari siklus ke-1 sampai siklus ke-4 dan kemudian menurun dan akhirnya mendekati stabil pada siklus selanjutnya, hal ini disebabkan adanya penyesuaian kepadatan contoh uji terhadap kepadatan kering kritisnya sebagaimana dikemukakan oleh Chen (1987). Jadi saat proses pembasahan awal, masa tanah menyesuaikan kepadatan menuju ke tingkat kepadatan kritis. Kemungkinan proses agregasi dari butiran sebagaimana konsep Al Hamoud (1985) sudah terjadi di siklus pertama, tetapi karena dominannya pengaruh penyesuaian kepadatan disiklus awal maka potensi mengembang disiklus-siklus awal kelihatan lebih besar.



Gambar 2. Grafik Hubungan Siklus Durabilitas Vs *Swel Potensial*

Secara keseluruhan performa kekuatan tanah terstabilisasi setelah menjalani siklus basah kering durabilitas masih dapat diterima. Hal ini dapat dilihat dari nilai persentase kehilangan berat akibat 12 siklus durabilitas diperoleh sebesar 6,43% sesuai dengan tabel 1. tentang Persyaratan Kekuatan dan *Durability* Tanah yang Telah Distabilisasi (Departemen Pekerjaan Umum 2007) pada tanah tipe A-2-7 maksimum adalah 10%.

Pengujian TCLP dilakukan terhadap tanah terstabilisasi. Sampel di bentuk pada *mold* CBR dengan rendam 4 hari dan peram 3 hari. Kemudian dihancurkan dan di lakukan uji TCLP seperti terlihat pada tabel 5 untuk mengetahui kandungan logam berbahaya pada tanah terstabilisasi.

Tabel 5. Hasil Uji TCLP

No	Parameter	Satuan	Hasil Nalisa	Baku Mutu	Metode Analisa
1	Arsen (As)	mg/L	<0.030	5	US EPA SW -846 1311 SM 3114B
2	Perak (Ag)	mg/L	<0.030	5	US EPA SW -846 1311 SM 3111B
3	Barium (Ba)	mg/L	<0.030	100	US EPA SW -846 1311 SM 3111C
4	Boron (B)	mg/L	3.21	500	US EPA SW-846/1311.SM 4500 BC
5	Cadmium (Cd)	mg/L	<0.005	1	US EPA SW-846/1311 SM3111B
6	Chrom (Cr)	mg/L	<0.030	5	US EPA SW-846/1311 SM3111B
7	Tembaga (Cu)	mg/L	<0.005	10	US EPA SW-846/1311 SM3111B
8	Mercuri (Mg)	mg/L	<0.001	0.2	US EPA SW-846/1311.SM 3112B
9	Timbal (Pb)	mg/L	<0.030	5	US EPA SW-846/1311.SM.311B
10	Zinc (Zn)	mg/L	<0.010	50	US EPA SW-8461311.SM 3111B

Pengujian LD50 dilakukan terhadap tanah terstabilisasi. Sampel di bentuk pada *mold* CBR dengan rendam 4 hari dan peram 3 hari kemudian dihancurkan dan di lakukan uji LD50 untuk mengetahui tingkat bahaya dari tanah terstabilisasi. Hasil pengujian LD50 diperoleh data seperti yang ditunjukkan pada tabel 6.

Tabel 6. Hasil Uji LD50

Jenis objek	Waktu Uji	Dosis	Suhu °C	Kelembapan %	Hasil Uji Thompson-Wiel mg/kg berat badan
Tikus Putih	14 Hari		9/27-33	45-70	1.794.560,00

KESIMPULAN

Kesimpulan yang diperoleh dari penelitian tentang pemanfaatan limbah batu bara (*fly ash*) untuk stabilisasi *sub base* jalan.

1. *Sub base* terstabilisasi adalah Tanah Tipe A-2-7 menghasilkan CBR pada *density* maksimum kondisi terendam sebesar 51%, sehingga memenuhi untuk digunakan sebagai *sub base* Jalan karena > 35 % sesuai dengan tabel 1. tentang Persyaratan Kekuatan dan *Durability* Tanah yang Telah Distabilisasi (Departemen Pekerjaan Umum 2007) pada *sub base* adalah >35%.
2. Dari Uji Toksikologi TCLP material stabilisasi masih memenuhi syarat jauh lebih kecil dari ambang batas terhadap 10 logam berbahaya memenuhi nilai ambang batas layak di gunakan berdasarkan PP 85/1999 tentang baku mutu TCLP dengan metode analisa sesuai US EPA.
3. Sedangkan dari Uji LD50 1.794.560 mg/kgBB kandungan tersebut menunjukkan material terstabilisasi relatif kurang berbaya sesuai hubungan kelas LD50 dan tingkatan toksitas (Loomis 1978).
4. Jumlah siklus yang dilaksanakan dalam contoh tanah terstabilisasi sebanyak 12 siklus mewakili musim kemarau dan penghujan diperoleh bahwa pengaruh

perulangan siklus basah - kering rata - rata memberikan efek penurunan pada potensi mengembang pada contoh uji.

5. Proses rendaman air pada mekanisme durabilitas dapat menurunkan nilai UCS terhadap daya dukung lapis pondasi yang menggunakan metoda stabilisasi tanah semen. Bila suatu daerah menggunakan metoda stabilisasi tanah sebagai *sub base* pada konstruksi jalan raya yang mengalami genangan air setiap tahun pada saat musim hujan, berarti bahwa semakin lama durasi waktu lapis pondasi stabilisasi tanah dengan semen akan tergenang air, maka akan menyebabkan penambahan kehilangan berat secara perlahan.

DAFTAR PUSTAKA

- American Coal Ash Assosiation, (2003), *Fly Ash Fact For Highway Engineers, FHWA IF 03 19*, Federal Higway Adminstration US Departmen of Transportation, Washington DC.
- Adha,Idmarmadi, (2009), *Pengaruh Durabilitas Terhadap Daya Dukung Stabilisai Tanah Menggunakan Lempung Plastisitas Rendah Dengan kapur*. Jurusan Teknik Sipil Universitas Lampung.
- Al Hamoud,AS, Basma,AA.(1995) *Cyclic swelling behaviour of clays*, J Geotech. Eng. Div.121 PP. 562-565.
- Bapeda,1995 : Keputusan Kepala Bapedal Nomor 03/Bapedal/09/1995,tentang *Persyaratan Teknis Pengelolaan Limbah B-3*, 1, Jakarta.
- Bapedal, (1999) : Peraturan Pemerintah Nomor 85 Tahun 1999, tentang Perubahan Peraturan Pemerintah Nomor 18 Tahun 1999, *tentang Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun*,Jakarta
- Chen, Fu Hua. (1975), *Foundation On Expansive Soil*, Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam.
- Departemen Pekerjaan Umum,(2007), *Pedoman Perencanaan Stabilisasi Tanah dengan Bahan Serbuk Pengikat untuk Konstruksi Jalan*, Jakarta.
- Indraratna, B., Balasubramaniam, A.S., Khan, M.J., (1995) :” *Effect of Fly ash with lime and cement on the behaviour of a soft clay*”, Quarterly of Journal of Engineering Geology 28, pp 131-142.
- Kezdi,(1979),*Stabilized Earth Road*, V *Elsevier Scientific Publishing Company Oxford Loomis TA. (1987), Essential of toxicology, 3rd ed*, Lea & Febiger, Philadelpia, p. 198–202.
- Wardani,SPR (2008). “*Pemanfaatan Limbah Batu Bara (Fly Ash) untuk Stabilisasi Tanah maupun Keperluan Teknik Sipil Lainnya dalam Mengurangi Pencemaran Lingkungan*,”Pidato Pengukuhan Guru Besar. Undip,Semarang.