

ANALISA DAYA DUKUNG SUB GRADE JALAN RAYA AKIBAT PENAMBAHAN ABU BATU BARA (FLY ASH) (STUDI KASUS FLY ASH PLTU SIJANTANG SAWAH LUNTO)

Oleh

Silvianengsih, Liliwarti, Dwina Archenita

Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Padang Kampus Unand Limau Manis Padang
Telp. 0751-72590 Fax. 0751-72576

ABSTRACT

PLTU Sijantang in the Sawah Lunto Sumatera Barat, the PLTU produces a lot of fly ash per day 400ton/day. Fly ash can be used for combine with another material. The research is aimed to analyze of road bearing sub grade if combine with fly ash. California Bearing Ratio (CBR) and Unconfined Compressive Strength (UCS) is formula for analysis road construction. This reased wil be try haw to change properties mechanis of soil with ad fly ash.

The result of gravity svecivic = 2,665 and for Natural soil, result of Unconfined Confrensive Strength (UCS), $q_u = 0,69 \text{ kg/cm}^2$. If soil gived water optimum contain , the Unconfined Confrensive Strength (UCS) increansing from $0,69 \text{ kg.cm}^2$ to $2,9 \text{ kg/cm}^2$. It meanning of soil is Stif clay.

Increasing of fly ash from 5% , 8% , 11% , 14% , 17% , and 20%. Result of Unconfined Confrensive Strength (UCS) and unit weigth is decreassing. It means California Bearing Ratio also decreassing.

Key word : fly ash, Unconfined Compressive Strngth (UCS, California Bearing Ratio (CBR)

PENDAHULUAN

Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) Sijantang yang berlokasi Sawah lunto Sumatera Barat, setiap harinya menghasilkan sejumlah abu buangan berupa abu batu bara. Abu batubara yang harus di buang setiap harinya mencapai 400 ton/hari (Syaiful 2012, Asisten manager operasi PLTU Sijantang). Abu batubara tersebut belum dimanfaatkan secara maksimal dan hanya menjadi limbah buangan disekitar wilayah PLTU, hal ini sudah mengganggu lingkungan/meresahkan masyarakat.

Maka perlu adanya suatu kajian bagaimana memanfaatkan abu batu bara sebagai material perkuatan tanah pada jalan raya sehingga permasalahan lingkungan dapat teratasi secara maksimal. Pada penelitian ini masalah yang akan diteliti adalah sejauh mana perubahan yang terjadi dari perbaikan sifat

mekanis geoteknis (daya dukung) tanah dengan metoda mencampur tanah dengan abu batu bara (fly ash) sehingga abu batu bara (fly ash) dapat dimanfaatkan sebagai material perbaikan tanah (*soil improvement*) pada tanah dasar jalan raya.

Nilai daya dukung tanah untuk perencanaan konstruksi perkerasan jalan raya dapat ditentukan antara lain dengan metode *California Bearing Ratio (CBR)*, *nilai Unconfine Cpmressive Strenght (UCS)*. Nilai CBR merupakan salah satu parameter yang digunakan dalam perhitungan struktur perkerasan jalan raya. Semakin besar nilai CBR dan UCS, semakin besar pula daya dukung tanah dasar, untuk beban lalu lintas yang sama akan membutuhkan ketebalan perkerasan yang lebih tipis. Ditinjau dari sisi finansial, pengurangan ketebalan perkerasan

akan berdampak pada penghematan biaya konstruksi jalan.

Sri Prabandiyani 2008, mengatakan *fly ash* mengandung unsur kimia antara lain silika (SiO_2), alumina (Al_2O_3), fero oksida (Fe_2O_3) dan kalsium oksida (CaO). *Fly ash* diproduksi dari pembakaran batubara lignite atau sub-bituminous selain mempunyai sifat pozolanic juga mempunyai sifat self-cementing (kemampuan untuk mengeras dan menambah strength apabila bereaksi dengan air). Berdasarkan hal di atas maka fly ash dapat digunakan sebagai material perkuatan pada tanah khususnya untuk meningkatkan nilai CBR tanah lempung

Tanah lempung termasuk tanah yang sering menimbulkan permasalahan khususnya pada jalan raya, karena tanah lempung mempunyai daya dukung yang rendah dan mudah mengalami perubahan daya dukung jika dipengaruhi oleh adanya air, misalnya terjadi retak, bergelombang dan terjadinya penurunan pada badan jalan.

Untuk mengatasi permasalahan tersebut di atas maka perlu adanya kajian pemanfaatan limbah batu bara (*fly ash*) untuk meningkatkan nilai CBR tanah dasar sehingga daya dukung tanah menjadi meningkat.

Jalan raya yang menghubungkan kota Sawah Lunto dan kota Batu Sangkar banyak yang rusak terutama sekitar daerah Talawi-Sijantang, berdasarkan observasi lapangan jalan tersebut banyak yang bergelombang, bahkan adanya penurunan badan jalan. Merupakan hal yang sangat positif jika Abu batu bara dapat dimanfaatkan sehingga tidak menjadi limbah disekitar lokasi PLTU.



Gambar 1. Limbah abu batu bara (*fly ash*) PLTU Sijantang Sawah Lunto

Perumusan Masalah

Dari uraian di atas dapat dirumuskan beberapa masalah yang akan diteliti antara lain.

- Apakah fly ash dapat dimanfaatkan sebagai material untuk meningkatkan daya dukung tanah.
- Bagaimana perilaku tanah dengan penambahan fly ash terhadap peningkatan nilai CBR dan UCS tanah.

Dengan adanya penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi pada pengembangan ilmu pengetahuan di bidang perbaikan/perkuatan tanah (*soil improvement*), dan juga dapat menyelesaikan masalah lingkungan yang disebabkan oleh pencemaran abu batu bara (*fly ash*)

TINJAUAN PUSTAKA

1. Tanah Lempung

Lempung didefinisikan sebagai golongan partikel yang mempunyai ukuran kurang dari 0.002 mm (Das, 1983). Ditinjau dari segi mineralnya lempung didefinisikan sebagai tanah yang menghasilkan sifat-sifat plastis pada tanah bila tanah tersebut dicampur dengan air. Khusus untuk jalan raya tanah lempung mempunyai kuat dukung yang

rendah, sehingga menimbulkan kerusakan pada jalan raya, diantaranya terjadi penurunan pada badan jalan, retak retak dan bergelombang.

Lempung ekspansif sangat dipengaruhi oleh kandungan air yang ada didalam tanah tersebut, sehingga menimbulkan kembang susut yang cukup tinggi, yang mengakibatkan dapat merusak struktur yang ada di atasnya.

2. Fly ash.

Fly ash kelas F: merupakan *fly ash* yang diproduksi dari pembakaran batubara anthracite atau bituminous, mempunyai sifat pozzolanic dan untuk mendapatkan sifat cementitious harus diberi penambahan *quick lime, hydrated lime*, atau semen. *Fly ash* kelas F ini kadar kapurnya rendah ($CaO < 10\%$) *Fly ash* kelas C diproduksi dari pembakaran batubara lignite atau sub-bituminous selain mempunyai sifat pozzolanic juga mempunyai sifat self-cementing (kemampuan untuk mengeras dan menambah strength apabila bereaksi dengan air) dan sifat ini timbul tanpa penambahan kapur. Biasanya mengandung kapur ($CaO > 20\%$).

Walaupun *fly ash* dapat digunakan dalam bentuk kering atau basah, *fly ash* biasanya di simpan dalam kondisi kering. Kira-kira 15 sampai 30 % air dapat ditambahkan ada *fly ash*. Berikut dibahas kontribusi *fly ash* pada pemakaian portland cement, atu bata, beton ringan, material konstruksi jalan, material pekerjaan tanah, ampuran grouting, stabilisasi tanah untuk konstruksi jalan maupun stabilisasi tanah untuk tanah-tanah yang bermasalah di Indonesia.

Stabilisasi tanah dengan penambahan *fly ash* biasanya digunakan untuk tanah lunak,

subgrade tanah kelembungan dibawah jalan yang mengalami beban pengulangan (*repeated loading*). Perbaikan tanah ini bisa menggunakan *fly ash* kelas C maupun kelas F. Jika menggunakan *fly ash* kelas F diperlukan bahan tambahan kapur atau semen, sedangkan jika menggunakan *fly ash* kelas C tidak diperlukan bahan tambahan semen atau kapur karena *fly ash* kelas C mempunyai sifat *self cementing*.

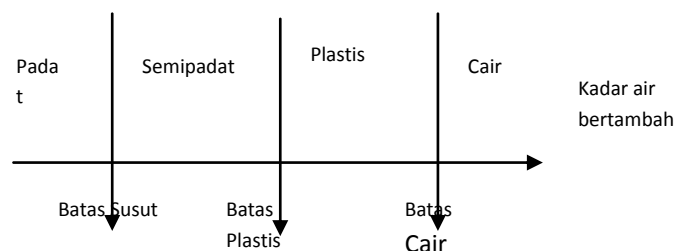
3. Klasifikasi Tanah

Klasifikasi tanah didasarkan oleh ukuran partikel yang didapat dari hasil uji analisa saringan,hydrometer dan plastisitas. Dalam bidang geoteknik sering digunakan 2 sistim klasifikasi yaitu sistim AASTHO dan USCS.

4. Sifat Fisis Tanah

Pengujian sifat fisis meliputi : kadar air, berat jenis, analisa butir dan batas batas atterberg.

Atterberg memberikan 4 kondisi tanah (Gambar 2)



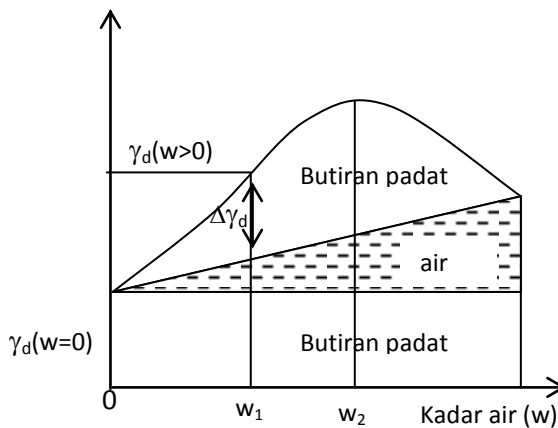
Gambar 2. Batas batas atterberg (Hardiyatmo 2002)

5. Sifat Mekanis Tanah

a. Pemadatan

Pemadatan merupakan usaha untuk mmpertinggi kerapatan tanah dengan pemakaian energi mekanis untuk

menghasilkan pemampatan partikel. Tingkat kepadatan tanah diukur dari berat volume kering (γ_s). Proctor (1933), dalam Hardiyatmo (2002) mengamati hubungan antara kadar air dan berat isi kering tanah padat. Untuk memperoleh kadar air optimum dan berat volume kering maksimum dilakukan uji proctor 5 kali dengan kadar air setiap percobaan divariasikan.



Gambar 3 . Hubungan antara kadar air dengan kepadatan kering, (Hardiyatmo, 2002)

$$\text{Berat volume tanah } (\gamma) = \frac{B}{V}$$

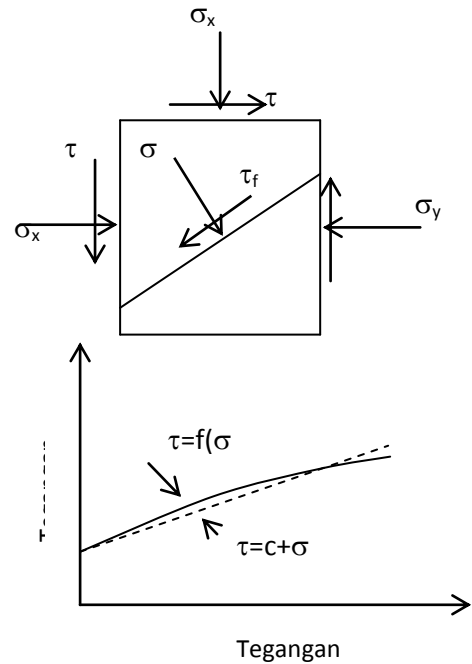
$$\text{berat volume kering } (\gamma_d) = \frac{\gamma}{1 + w}$$

b. Kuat Geser Tanah

Kuat geser adalah gaya perlawanan yang dilakukan oleh butir-butir tanah terhadap desakan atau tarikan

Coulomb (1976) mendefinisikan :

$$\tau = c + \sigma \cdot \tan \phi$$



Gambar 4. Hubungan tegangan geser dengan tegangan normal

c. CBR (California Bearing Ratio)

CBR didefinisikan sebagai suatu perbandingan antara beban percobaan (test load) dengan beban standar (standard load). CBR digunakan untuk menentukan tahanan penetrasi material terhadap tahanan penetrasi standar yang dinyatakan dalam persen. Hasil pengujian dapat diperoleh dengan mengukur besarnya beban pada penetrasi tertentu.

$$CBR(\%) = \frac{\text{Beban.penetrasi}}{\text{Beban.s tan dar}} * 100\%$$

d. Unconfine Compressive Strenght (UCS)

Unconfine Compressive Strenght (UCS) disebut juga kuat tekan bebas

Pengujian kuat tekan bebas merupakan salah satu pengujian untuk menentukan kuat tekan dari tanah dalam keadaan bebas sampai mencapai keruntuhan.

Prinsip dasar dari percobaan ini adalah pemberian beban vertikal yang dinaikkan secara bertahap terhadap benda uji berbentuk silinder yang didirikan bebas, sampai terjadi keruntuhan. Pembacaan beban dilakukan pada interval regangan axial tetap tertentu, yang dapat dicapai dengan cara mempertahankan kecepatan pembebanan dengan besaran tertentu pula, selama pengujian berlangsung (*strain control*). Oleh karena itu beban yang diberikan hanya dalam arah vertikal saja, maka percobaan ini dikenal pula sebagai percobaan tekan satu arah (*Uniaxial Test*).

METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari : Pengujian laboratorium. Pengujian laboratorium bertujuan untuk mengetahui sifat fisis dan mekanis material (*fly ash* dan tanah) yang dilaksanakan dengan berbagai variasi (% *fly ash*)

1. Pengambilan sampel material

a. Pengambilan abu batu bara (*fly ash*)

Fly ash / abu batu bara yang digunakan berasal dari Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) Sijantang Sawah Lunto Sumatera Barat. Sampel abu batu bara yang diambil yaitu abu batu bara yang sudah ditumpuk di areal pembuangan.

b. Pengambilan Sampel Tanah

Sampel tanah yang diambil berasal dari daerah Talawi-Sijantang Sawah Lunto, terdiri dari sampel terganggu dan sampel tidak terganggu.

2. Pengujian laboratorium Sifat Fisis Tanah

a. Peralatan yang digunakan

- Berat Jenis Tanah

Satu set alat ukur Berat Jenis (ASTM D 854), digunakan untuk mendapatkan nilai berat jenis suatu tanah.

- Berat Volume (γ)
- Analisa saringan dan hydrometer
Satu set saringan dan hydrometer (ASTM D 422) , pengujian ini dilakukan untuk mendapatkan gradasi dari ukuran butir tanah.

- Atterberg Limit

Satu set alat uji Batas Konsistensi (atterberg limit) (ASTM D 4318)

Digunakan untuk mendapatkan nilai batas cair dan batas plasti dari tanah

- Alat uji *Unconfine test* (ASTM D 2850)
Digunakan untk menentukan kuat

tekan bebas dari contoh tanah

3. Penambahan abu batu bara (*fly ash*) pada contoh tanah.

Untuk mendapatkan campuran fly ash yang tepat dilakukan penambahan fly ash dalam beberapa variasi, mulai penambahan 5% , 8%, 11%, 14%, 17% dan 20% terhadap berat kering tanah (sampai didapatkan nilai kuat tekan bebas (UCS) yang maksimal.

a. Pengujian Sifat Mekanis Tanah Campuran

1. Pemadatan tanah (yang sudah dicampur dengan fly ash) kedalam tabung kuat tekan sebanyak 3 lapis dengan kepadatan sesuai dengan kepadatan lapangan (γ).
2. Sampel tanah (dalam tabung) didiamkan selama 3 hari, dan pada masing masing variasi, untuk pengerasan-hardening dan ditutup dengan lilin parafin pada temperatur kamar konstan.
3. Penentuan kepadatan tanah (γ) dan berat volume kering (γ_d)

4. Pengujian CBR tanah pada masing masing variasi
5. Pengujian kuat tekan bebas (UCS) pada masing masing variasi.
6. Analisis hasil pengujian laboratorium
 - Klasifikasi tanah dengan AASHTO
 - Pembuatan grafik Peningkatan nilai CBR dan UCS terhadap penambahan persentase penambahan fly ash
 - Analisa daya Dukung Tanah
7. Hasil dan Kesimpulan
8. Pembuatan laporan akhir kegiatan.
9. Jurnal terakreditasi

ANALISA DAN PEMBAHASAN

1. Propertis Tanah

Sampel tanah yang akan diuji diambil dari daerah Sungai Durian Sawah Lunto, yang terdiri dari sampel terganggu (*disturb*) dan sampel tidak terganggu (*undisturb*).



Gambar 5. Pengambilan Sampel Tanah

Pengujian Sifat propertis tanah dilakukan di Laboratorium Pengujian tanah Jurusan Teknik Sipil. Hasil pengujian sifat properties seperti terlihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Pengujian Sifat Propertis Tanah

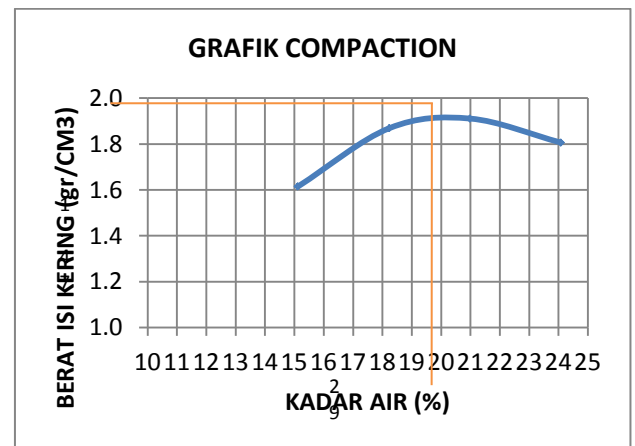
Jenis Pengujian	Nilai
Berat Jenis (Gs)	2.665
Analisa Saringan	
- Lolos saringan no 200	35.9 %
- Lolos saringan no 4	100 %
Batas Cair (LL)	22.27 %
Batas Plastis	15.73 %
Indek Plastisitas	

Berdasarkan hasil pengujian sifat propertis tanah, maka tanah tersebut termasuk jenis tanah A-6 (klasifikasi AASHTO), dengan jenis lempung kaku.

2. Pengujian Sifat Mekanis Tanah

a. Pengujian Pemadatan

Uji Pemadatan dilakukan dengan uji Proctor Standar. Dari pengujian tersebut didapat Kadar air Optimum (OMC) = 20 % dan Kepadatan Kering Maksimum (γ_d) = 1.9 kg/cm³ seperti ditunjukkan pada grafik di Gambar 6



Gambar 6. Hasil Uji Pemadatan

b. Pengujian California Bearing Ratio (CBR)

Pengujian CBR dilakukan terhadap CBR tanpa rendaman, dengan hasil seperti pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Pengujian CBR tanpa rendaman

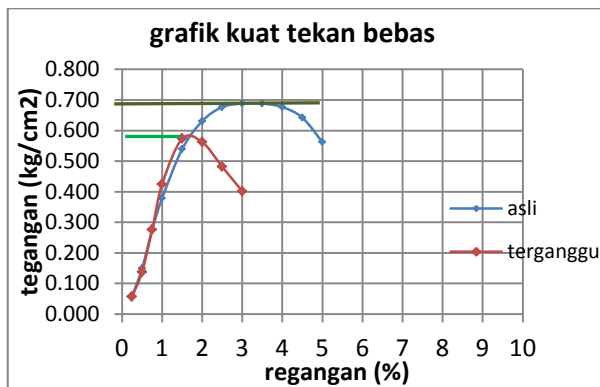
Pen	Nilai CBR		
	10X	25X	56X

	Atas	Bawah	Atas	Bawah	Atas	Bawah
0.1"	10,33	10,33	9,83	7,33	6,00	6,00
0.2"	9,11	9,44	9,33	8,44	6,67	6,67

Berdasarkan hasil yang ditunjukkan oleh Gambar 7 dan Gambar 8, terdapat kenaikan nilai UCS yang cukup signifikan antara tanah

c. Pengujian Kuat Tekan Bebas (Unconfined Compressive Strength)

Uji Kuat tekan dilakukan terhadap tanah asli dan tanah yang dipadatkan pada kondisi kadar air OMC, dengan hasil seperti ditunjukkan Gambar 7.



Gambar 7. Nilai UCS Tanah Asli

Dari Gambar 7 terlihat bahwa nilai kuat tekan bebas untuk tanah asli didapat sebesar 0.7 kg/cm², sedangkan untuk tanah yang dibentuk kembali (remold) adalah 0.59 kg/cm², pada kadar air = 16.9 %. Sedangkan nilai kuat tekan bebas tanah yang dipadatkan pada kadar air optimum adalah sebesar 2.85 kg/cm² (Gambar 8)



Gambar 8 Nilai UCS Tanah yang dipadatkan pada kadar air OMC

kondisi lapangan dan tanah kondisi dipadatkan pada kadar air OMC yaitu dari 0.7 kg/cm² menjadi 2.85 kg/cm², hal ini terjadi tanah pada kondisi lapangan tanahnya belum padat dan kadar air lapangan berada di bawah kadar air OMC.

Pengujian Sifat Mekanis Tanah yang ditambah fly ash

a. Pengujian Kuat Tekan Bebas (UCS)

Penambahan fly ash dilakukan mulai dari 5%, 8%, 11%, 14%, 17% dan 20%. Hasil pengujian kuat tekan bebas (UCS) ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Nilai UCS terhadap penambahan fly ash

No. Benda Uji	% penambahan fly ash	Nilai q _u (kg/cm ²)	Nilai q _u (kN/m ²)
1	0 %	2.9	284.392
2	5%	3	294.1994
3	8%	3.1	304.006
4	11%	3.1	304.006
5	14%	3.6	353.039
6	17%	3	294.1994
7	20%	2.8	274.586

Hasil pengujian nilai kuat tekan bebas (UCS) tanah menunjukkan bahwa dengan adanya penambahan fly ash dapat meningkatkan nilai kuat tekan bebas tanah, yaitu dari 2.9 kg/cm² (tanpa penambahan fly ash) menjadi 3.6 kg/cm² (dengan penambahan fly ash 14%). Sedangkan pada penambahan fly ash lebih besar dari 14%, nilai kuat tekan bebas

menurun secara drastis. Hal ini disebabkan semakin banyak persentase fly ash dalam suatu campuran tanah maka kepadatan tanah akan berkurang sehingga nilai kuat tekan bebas tanah menjadi turun.

b. Pengujian CBR tanah

Pengujian CBR tanah dilakukan dengan penambahan fly ash sebesar 14%. Hasil pengujian ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Nilai CBR dengan penambahan fly ash 14%

Penetrasi	Nilai CBR					
	10X		25X		56X	
	Atas	Bawah	Atas	Bawah	Atas	Bawah
0.1"	5,83	6,67	4,00	4,00	2,67	3,00
0.2"	5,78	7,11	5,78	4,89	2,89	3,33

1. Analisa Daya Dukung Tanah

Berdasarkan hasil pengujian kuat tekan bebas (UCS) tanah yang diuji (tanah tanpa penambahan fly ash maupun adanya penambahan fly ash) termasuk lempung yang sangat kaku dengan nilai kuat tekan bebas (q_u) berkisar antara 200 kN/m^2 sampai 400 kN/m^2 .

Tabel 5. Hubungan kuat tekan bebas (q_u) tanah terhadap konsistensi

Konsistensi	q_u (kN/m^2)
Lempung keras	$\gt 400$
Lempung sangat kaku	200 - 400
Lempung kaku	100 - 200
Lempung sedang	50 - 100
Lempung Lunak	25 - 50
Lempung sangat lunak	< 25

Sumber : Hardiyatmo HC, 2002

Jadi tanah tersebut mempunyai daya dukung yang rendah, walaupun sudah ditambah dengan fly ash 14% didapat nilai $q_u = 353.039$ kN/m^2 .

Pengujian CBR tanah pada kadar air optimum menunjukkan suatu pola yang cenderung menurun terhadap jumlah tumbukan, hal ini terlihat pada pengujian CBR 10x tumbukan didapat nilai CBR rata 9.8 %, untuk 25x tumbukan didapat nilai CBR rata rata 8.73 % dan 56x tumbukan didapat nilai CBR rata rata 6.34 %.

Sedangkan pada penambahan fly ash sebesar 14%, terjadi penurunan nilai CBR jika dibandingkan dengan nilai CBR yang didapat pada tanah kondisi dipadatkan pada kadar air OMC, hasil yang didapat pada CBR 10x tumbukan didapat nilai CBR rata rata 6.35%, untuk 25x tumbukan didapat CBR rata rata 4.68 dan pada tumbukan 56x didapat nilai CBR rata rata 3 %.

Hal ini terjadi dengan adanya penambahan fly ash, berat volume tanah berkurang yang mengakibatkan terjadinya penurunan nilai CBR dan mengidentifikasi daya dukung tanah berkurang (Tabel.6 dan Gambar 9)

Tabel 6. Nilai UCS terhadap kepadatan dan q_u

No. Benda Uji	% penambahan fly ash	Nilai kepadatan(kg/cm^3)	Nilai q_u (kN/m^2)
1	0	1,92	284,392
2	5	1,66	294,199
3	8	1,66	304,006
4	11	1,646	304,006
5	14	1,643	353,039
6	17	1,624	294,199
7	20	1,624	274,586



Gambar 9. Grafik hubungan antara kepadatan kering terhadap persentase fly ash

PENUTUP

Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut ;

1. Jenis tanah di areal PLTU Sijantang - Talawi Sawah Lunto menurut klasifikasi AASHTO yaitu kelompok A-6
2. Penambahan limbah batu bara (fly ash) sampai dengan 14% menunjukkan terjadinya peningkatan nilai daya dukung tanah. Namun penambahan lebih dari 14% menyebabkan penurunan nilai daya dukung tanah.
3. Hasil pengujian nilai kuat tekan bebas (UCS) tanah menunjukkan bahwa dengan adanya penambahan fly ash dapat meningkatkan nilai kuat tekan bebas tanah, yaitu dari 2.9 kg/cm² (tanpa penambahan fly ash) menjadi 3.6 kg/cm² (dengan penambahan fly

ash 14%. Sedangkan pada penambahan fly ash lebih besar dari 14%, nilai kuat tekan bebas menurun secara drastis.

4. Dengan adanya penambahan fly ash, berat volume tanah cenderung menurun, yang mengakibatkan menurunnya nilai CBR tanah, sehingga daya dukung tanah menurun, sehingga fly ash tidak dapat digunakan sebagai material untuk perbaikan tanah pada jalan raya.

Saran

1. Perlu adanya pengujian sifat kimia dari fly ash
2. Lokasi pengambilan sampel tanah, perlu dilakukan terhadap jenis tanah lainnya

DAFTAR PUSTAKA

- ASTM, 2003, *Annual Book of ASTM Standards*, section 4, volume 04.08 Soil and Rock.
- Das, B.M., 1990, *Principle of Foundation Engineering*, PWS – KENT Publishing Company.
- Hardiyatmo, H.C., 2001, *Teknik Fondasi II*, Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada Yogyakarta.
- Hardiyatmo, H.C., 2002, *Mekanika Tanah I*, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Karunaprema, K.A.K., 2002, *A laboratory Study to Establish Some Useful Relationships for the Use of Dynamic Cone Penetrometer* <http://www.ejge.com/2002/Ppr0228/Ppr0228.htm>
- Lambe, T.W., and Whitman, R.V., 1969, *Soil Mechanics*, John Wiley & Sons, New York.
- Misra, A, 2006, *CBR and DCP Correlation for Class C Fly Ash-Stabilized Soil*

<http://journalsip.astm.org/journals/geotechnical/pages/667.htm>

Muntohar A.S and Hantoro. G, 2000, Influence of Rice Husk Ash and Lime on Engineering Properties of a Clayey Subgrade
<http://www.com/2000/Ppr0019/Ppr0019.htm>

Setiadji, B.H.2005, Use Of Waste Materials For Pavement Construction In Indonesia, Journal of The Institution of Engineers, Singapore Vol. 45 Issue 2 2005
http://www.ies.org.sg/journal/past/v45i2/v45i2_4.pdf