

Analisis pemanfaatan *fly ash* dan *bottom ash* sebagai campuran material perkerasan jalan di PLTU Asam Asam

Fly ash and bottom ash utilization analysis as road paving materials mixture at the Asam Asam Power Plant

Ading Fahriza Amin¹, Nurhakim^{2*}, Riswan³

¹⁻³ Program Studi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Lambung Mangkurat
e-mail: ¹adingfahriza@gmail.com, ^{2*}nurhakim@ulm.ac.id, ³riswan@ulm.ac.id

ABSTRAK

Besarnya jumlah limbah abu batubara akibat penggunaan batubara sebagai bahan bakar PLTU menimbulkan masalah terutama dalam proses pembuangannya karena membutuhkan tempat serta fasilitas pembuangan khusus. Dewasa ini diketahui penggunaan *fly ash* dan *bottom ash* dapat digunakan sebagai campuran material perkerasan jalan. Penelitian ini bertujuan untuk memanfaatkan limbah abu batubara sebagai campuran material perkerasan jalan di PLTU Asam-asam untuk mengurangi jumlah limbah abu batubara yang volumenya bertambah setiap harinya. Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan, persentasi komposisi campuran material lapisan pondasi bawah adalah *fly ash* 70%, *bottom ash* 25% dan semen 5% sebagai lapisan pondasi bawah *layer* 1 dengan nilai CBR yang dihasilkan hampir dua kali lebih besar dari komposisi campuran material lapisan pondasi bawah 70% *fly ash*, 20% *bottom ash* dan 10% semen.

Kata-kata kunci: *bottom ash*, California Bearing Ratio, *fly ash*

ABSTRAK

The large amount of coal ash waste from the use of coal as fuel in power plants poses an imminent problems, especially in its disposal process, as it requires specific disposal sites and facilities. In recent years, it is known that fly ash and bottom ash can be used as a mixture material for road construction. This study aims to utilize coal ash waste as a mixture for road pavements in Asam-asam coal power plant to reduce the coal ash waste in which keep increasing everyday. From analysis result, the percentage of the mixture on the lower layer is 70% fly ash, 25% bottom ash and 5% cement, with CBR value almost twice larger than the mixture of 70% fly ash, 20% bottom ash and 10% cement.

Keywords: *bottom ash*, California Bearing Ratio, *fly ash*

PENDAHULUAN

Pada saat ini penggunaan dan pengolahan batubara semakin banyak digunakan oleh industri penghasil sumber daya. Penggunaan batubara tersebut menghasilkan residu sebagai hasil pembakaran berupa *fly ash* (abu terbang) dan *bottom ash* (abu dasar) [1]. Pemanfaatan limbah batubara (*fly ash* dan *bottom ash*) bermaksud untuk mengurangi limbah yang berada di PLTU Asam Asam yang semakin banyak setiap harinya. Serta untuk mendukung program pemerintah akan pemanfaatan limbah abu batubara. Penggunaan *fly ash* dan *bottom ash* ini digunakan sebagai bahan campuran untuk *preparation subgrade* [2].

Besarnya jumlah residu tersebut akan menimbulkan masalah terutama dalam proses pembuangannya karena dapat mencemari lingkungan sekitar serta membutuhkan fasilitas pembuangan yang relatif mahal. Untuk itu residu tersebut mulai diolah sebagai bahan bangunan misalnya sebagai bahan campuran batako dan *paving block*, sebagai bahan urugan, dan dapat juga dipakai sebagai material perkerasan jalan. Hasil limbah padat yang dihasilkan dari pengolahan batubara ini adalah *fly ash* dan *bottom ash* [3][4].

Berdasarkan uraian di atas maka penulis melakukan penelitian dengan memanfaatkan material limbah batubara tentang analisis pemanfaatan *fly ash* dan *bottom ash* sebagai campuran material perkerasan jalan pada road base di PLTU Asam Asam.

METODOLOGI

Metodologi dalam penelitian ini dibagi menjadi beberapa tahapan, dimana pengumpulan data dilakukan dengan dua cara, yaitu pengambilan data pengujian CBR laboratorium dan pengujian CBR lapangan. Pengambilan data pengujian CBR laboratorium dilakukan di Laboratorium Transportasi dan Jalan Raya Fakultas Teknik Universitas Lambung Mangkurat. Pengambilan data pengujian CBR lapangan dilakukan pada *Road Base* di PLTU Asam Asam dengan metode DCP [5].

Data hasil pengolahan menghasilkan data perkerasan jalan yang diperoleh dari hasil pengujian CBR di laboratorium dan di lapangan dengan menggunakan DCP (*Dynamic Cone Penetrometer*).

HASIL DAN DISKUSI

Hasil Pengujian CBR Laboratorium

Pengujian CBR dilakukan di laboratorium Transportasi dan Jalan Raya Fakultas Teknik, Universitas Lambung Mangkurat. Guna memanfaatkan residu batubara lebih banyak dan mendapatkan nilai CBR yang optimum, kombinasi yang digunakan untuk pengujian material perkerasan jalan ini antara lain: *Fly ash* 70%, *Bottom ash* 20%, Semen 10%; *Fly ash* 60%, *Bottom ash* 20%, Semen 20%; *Fly ash* 50%, *Bottom ash* 20%, Semen 30% dan *Fly ash* 40%, *Bottom ash* 20%, Semen 40% dengan hasil pengujian sebagai berikut.

Tabel-1. Pengujian Kombinasi Campuran 70% Fly ash, 20% Bottom ash, 10% semen

Jenis Pemeriksaan	Hasil	Spesifikasi	Keterangan
<i>ATTERBEG LIMIT</i> - Batas Cair (LL) - Batas Plastis (PL) - Plastis Indeks (PI)	23.08 % 21.21 % 1.87 %	- - Max. 6 %	- - Memenuhi
<i>SPEFIFIC GRAVITY (GS)</i>	2.82	Min 2	Memenuhi
*Aktif = PI / Kadar Lempung	0.227	< 1.25	Memenuhi
<i>STANDARD COMPACTION</i> - Max. Dry Density ((MDD)) - Opt. Moisture Content (OMC)	1.307 gr/cm3 19.40 %	- -	- -
CBR 100 %	14 %	Min 10 %	Memenuhi

Tabel-3. Pengujian Kombinasi Campuran 50% Fly ash, 20% Bottom ash, 30% semen

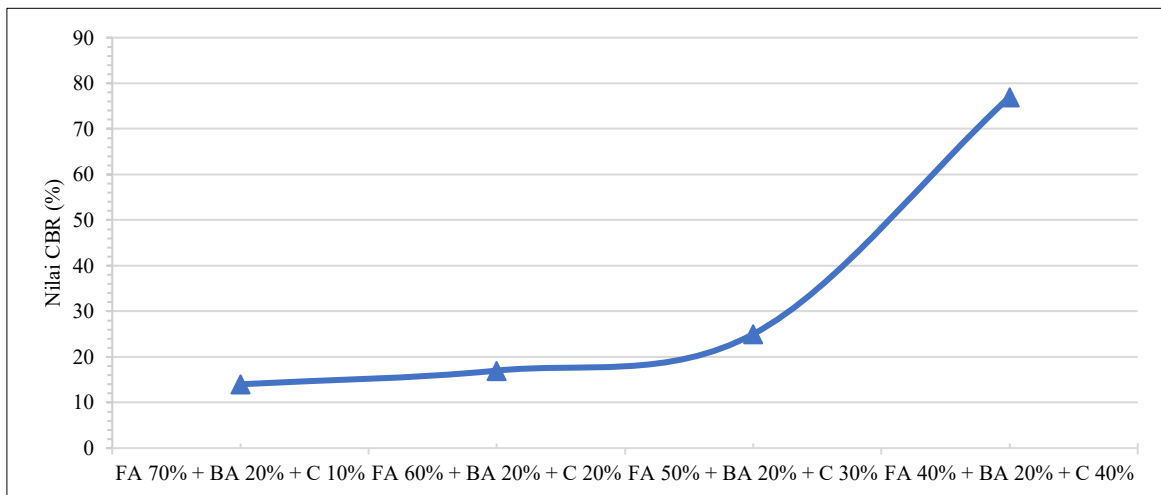
Jenis Pemeriksaan	Hasil	Spesifikasi	Keterangan
<i>ATTERBEG LIMIT</i> - Batas Cair (LL) - Batas Plastis (PL) - Plastis Indeks (PI)	23.95 % 21.27 % 2.68 %	- - Max. 6 %	- - Memenuhi
<i>SPEFIFIC GRAVITY (GS)</i>	2.80	Min 2	Memenuhi
*Aktif = PI / Kadar Lempung	0.90	< 1.25	Memenuhi
<i>STANDARD COMPACTION</i> - Max. Dry Density ((MDD)) - Opt. Moisture Content (OMC)	1.200 gr/cm3 17.90 %	- -	- -
CBR 100 %	25 %	Min 10 %	Memenuhi

Tabel-2. Pengujian Kombinasi Campuran 60% Fly ash, 20% Bottom ash, 20% semen

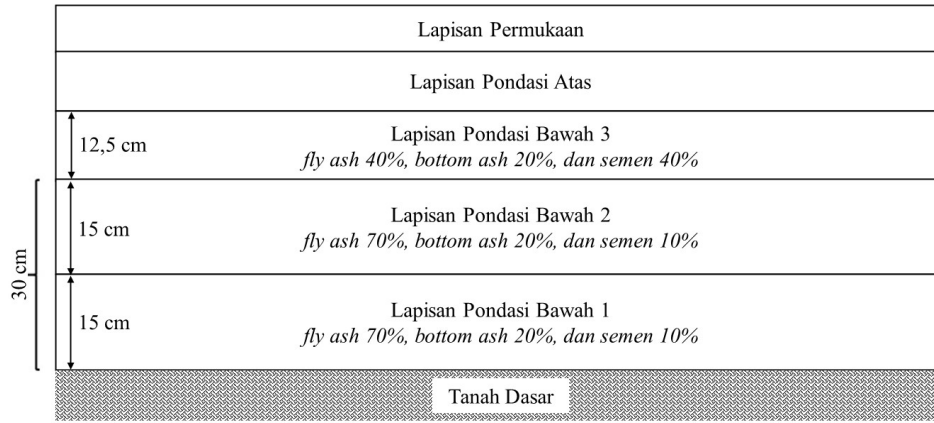
Jenis Pemeriksaan	Hasil	Spesifikasi	Keterangan
<i>ATTERBEG LIMIT</i> - Batas Cair (LL) - Batas Plastis (PL) - Plastis Indeks (PI)	23.10 % 21.16 % 1.944 %	- - Max. 6 %	- - Memenuhi
<i>SPEFIFIC GRAVITY (GS)</i>	2.72	Min 2	Memenuhi
*Aktif = PI / Kadar Lempung	0.453	< 1.25	Memenuhi
<i>STANDARD COMPACTION</i> - Max. Dry Density ((MDD)) - Opt. Moisture Content (OMC)	1.295 gr/cm3 15.25 %	- -	- -
CBR 100 %	17 %	Min 10 %	Memenuhi

Tabel-4. Pengujian Kombinasi Campuran 70% Fly ash, 20% Bottom ash, 10% semen

Jenis Pemeriksaan	Hasil	Spesifikasi	Keterangan
<i>ATTERBEG LIMIT</i> - Batas Cair (LL) - Batas Plastis (PL) - Plastis Indeks (PI)	23.85 % 22.17 % 1.68 %	- - Max. 6 %	- - Memenuhi
<i>SPEFIFIC GRAVITY (GS)</i>	2.79	Min 2	Memenuhi
*Aktif = PI / Kadar Lempung	0.171	< 1.25	Memenuhi
<i>STANDARD COMPACTION</i> - Max. Dry Density ((MDD)) - Opt. Moisture Content (OMC)	1.128 gr/cm3 17.35 %	- -	- -
CBR 100 %	77 %	Min 10 %	Memenuhi



Gambar-1. Grafik Daya Dukung Campuran Material Perkerasan Jalan Variasi *Bottom ash*, *Bottom ash* dan Semen



Gambar-2. Rancangan Tebal Perkerasan Jalan



Gambar-3. Peta Lokasi Pengujian CBR Lapangan

Pada gambar-1 dapat dilihat persentase nilai CBR mengalami peningkatan ketika dilakukan penambahan persentase campuran semen. Dari hasil pengujian CBR laboratorium, kombinasi campuran 70% *fly ash*, 20% *bottom ash* dan 10% semen, didapatkan nilai CBR 14%, nilai tersebut sudah memenuhi syarat nilai CBR yang ditetapkan untuk lapisan persiapan tanah dasar dengan nilai CBR minimal 10%. Campuran kombinasi material tersebut ditetapkan sebagai lapisan pondasi bawah 1 dan 2 guna mempersiapkan tanah dasar. Kombinasi Campuran 40% *fly ash*, 20% *bottom ash* dan 40% semen didapatkan nilai CBR 77%, campuran ini digunakan sebagai lapisan pondasi bawah 3 (lihat gambar-2).

Hasil Pengujian CBR di Lapangan

Pengujian CBR lapangan dilakukan pada *Road Base* di PLTU Asam-asam dengan metode DCP yang dilakukan sebanyak 21 titik pengujian dengan 7 titik di setiap lapisan perkerasan jalan dengan komposisi campuran material 70% *fly ash*; 25% *bottom ash*; 5% semen, 70% *fly ash*; 20% *bottom ash*; 10% semen, 40% *fly ash*; 40% *bottom ash*; 20% semen. Berikut adalah hasil pengujian DCP pada STA 0+060 pada lapis 1,2 dan 3 dapat dilihat pada tabel-5,

tabel-6, dan tabel-7.

Tabel-5. Pengujian DCP STA 0+060 Lapis 1

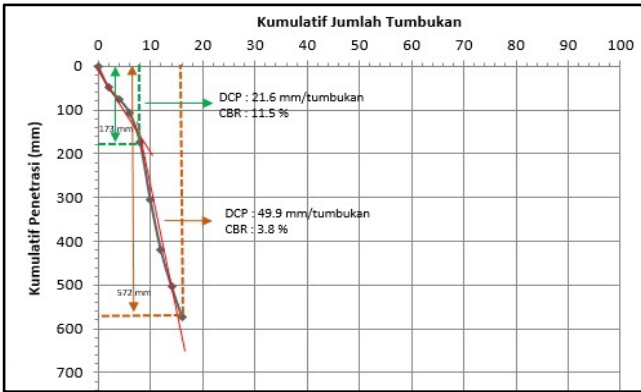
Banyak Tumbukan	Kumulatif Tumbukan	Penetrasi (mm)	Kumulatif Penetrasi (mm)	DCP (mm/tumbukan)	CBR (%)
0	0	0	0	21.6	11.5
2	2	49	49		
4	4	26	75		
6	6	32	107		
8	8	66	173		
2	10	132	305	49.9	3.8
2	12	115	420		
2	14	82	502		
2	16	70	572		

Tabel-6. Pengujian DCP STA 0+060 Lapis 2

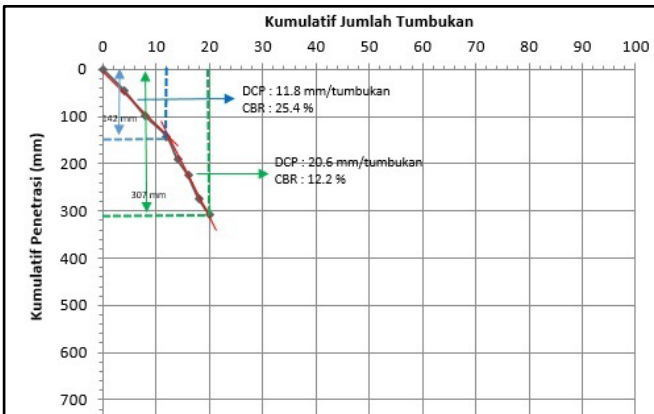
Banyak Tumbukan	Kumulatif Tumbukan	Penetrasi (mm)	Kumulatif Penetrasi (mm)	DCP (mm/tumbukan)	CBR (%)
0	0	0	0	11.8	25.4
4	4	45	45		
4	8	54	99		
4	12	43	142		
2	14	48	190	20.6	12.2
2	16	35	225		
2	18	49	274		
2	20	64	307		

Tabel-7. Pengujian DCP STA 0+060 Lapis 3

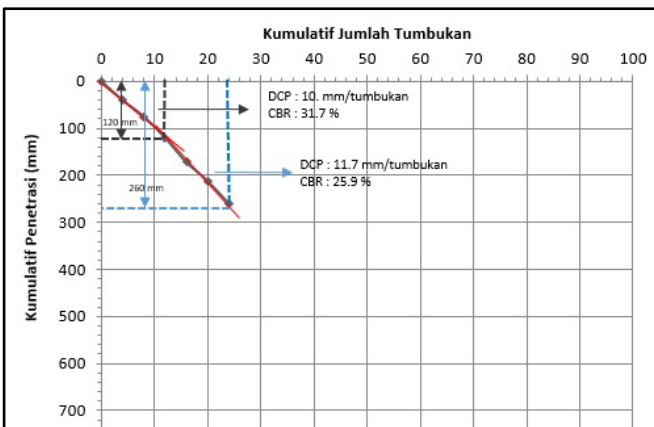
Banyak Tumbukan	Kumulatif Tumbukan	Penetrasi (mm)	Kumulatif Penetrasi (mm)	DCP (mm/tumbukan)	CBR (%)
Layer 3	0	0	0	10.0	31.7
Lapisan	4	40	40		
Pondasi	4	35	75		
Bawah	4	12	120		
Layer 2	4	16	52	11.7	25.9
Lapisan	4	20	212		
Pondasi	4	24	48		



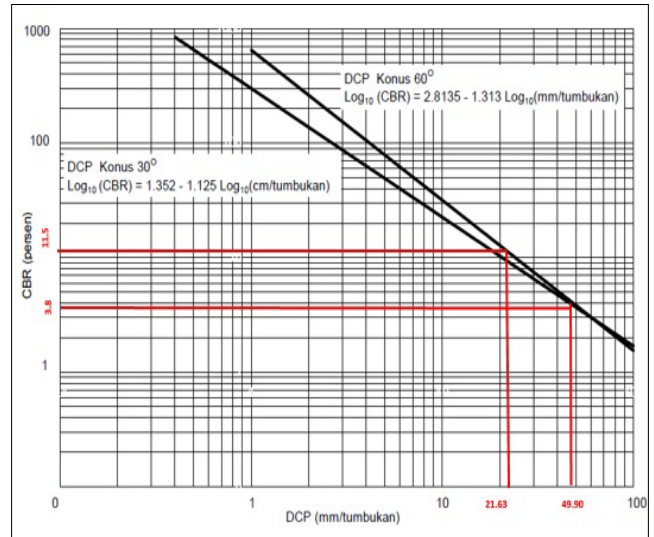
Gambar-4. Pengujian DCP STA 0+060 Lapis 1



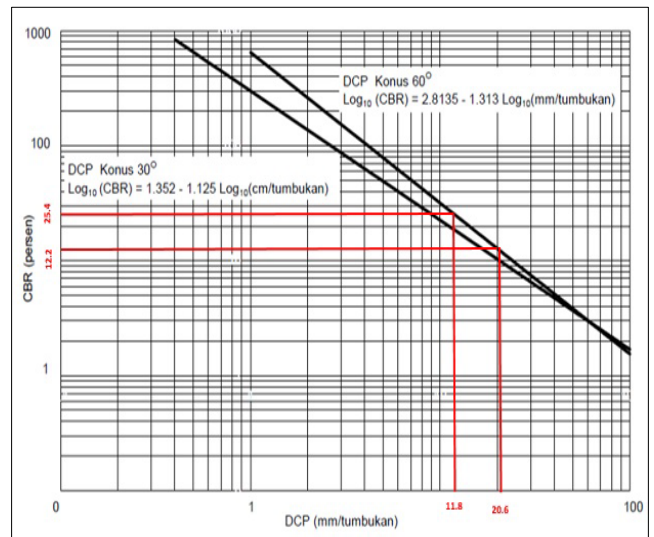
Gambar-5. Pengujian DCP STA 0+060 Lapis 2



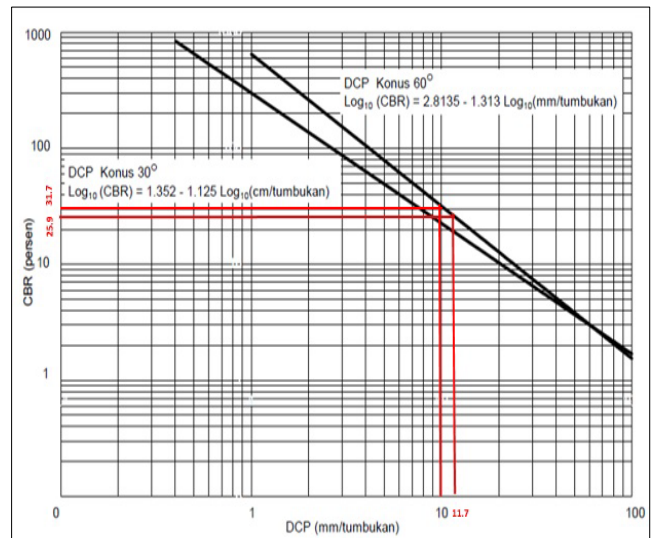
Gambar-6. Pengujian DCP STA 0+060 Lapis 3



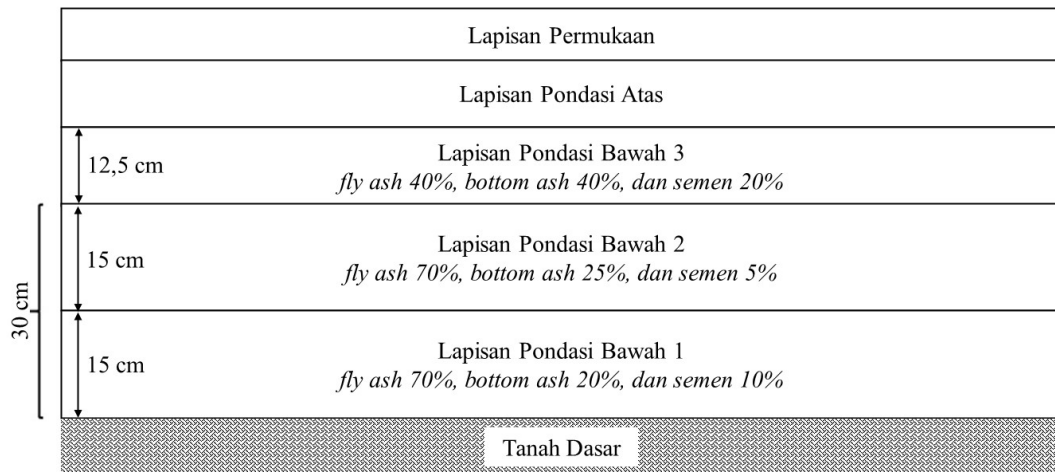
Gambar-7. Hubungan DCP dengan CBR STA 0+060 Lapis 1



Gambar-8. Hubungan DCP dengan CBR STA 0+060 Lapis 2



Gambar-9. Hubungan DCP dengan CBR STA 0+060 Lapis 3



Gambar-10. Tebal Perkerasan Jalan Aktual

Diskusi

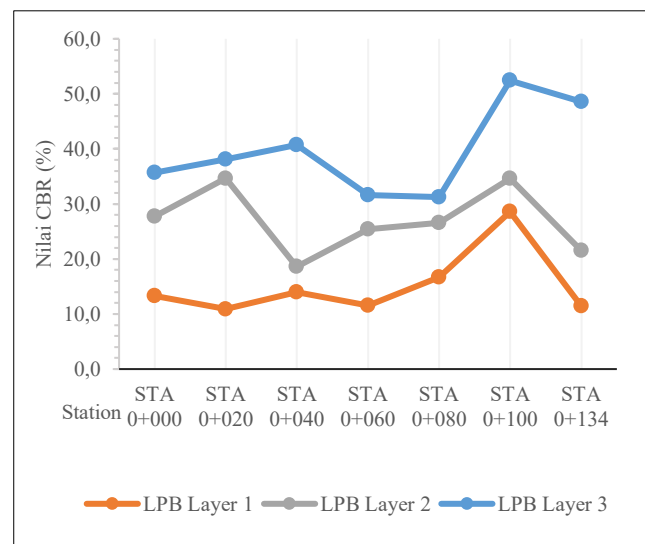
Dari seluruh hasil pengujian CBR Laboratorium dan CBR Lapangan, berikut merupakan pembahasan dalam bentuk tabel dan grafik untuk melihat hubungan antara nilai CBR lapangan tiap kombinasi campuran pada table-8 dan grafik pada gambar 11.

Dari dari table-8, dapat dilihat nilai aktual CBR di lapangan pada bagian lapisan pondasi bawah 1 dengan komposisi campuran 70% fly ash, 20% bottom ash dan 10% semen dengan nilai CBR terendah 10.9% dan CBR tertinggi 28.6%, telah mendekati nilai perencanaan CBR yang di lakukan di laboratorium sebesar 14%, namun nilai minimum dari hasil pengujian CBR pada lapisan pondasi bawah 1 telah memenuhi syarat nilai CBR untuk persiapan tanah dasar. Perbedaan nilai CBR lapangan yang cukup bervariasi ini diakibatkan oleh beberapa faktor. Adapun faktor yang mempengaruhi hasil akhir dari nilai CBR campuran material yang didapat antara lain: tidak maksimalnya proses pengadukan material fly ash, bottom ash dan semen dengan menggunakan mesin molen sehingga material tidak tercampur secara merata. Sedikitnya produksi campuran material perkerasan jalan yang dihasilkan dengan mesin molen menyebabkan lamanya penundaan material untuk segera dipadatkan. Kemudian proses pemadatan dengan menggunakan vibro yang kurang maksimal serta kondisi cuaca di lapangan yang sangat tidak menentu, mengakibatkan material yang telah terhampar mengalami penundaan proses pemadatan serta campuran material perkerasan jalan yang sudah dihamparkan terkontaminasi dengan air hujan, hal ini menyebabkan semen yang terdapat pada campuran material bereaksi sebelum dilakukannya pemadatan, sehingga hasil padatan material tidak maksimal [6].

Kemudian dapat dilihat pada grafik gambar-11, nilai CBR yang dihasilkan pada lapisan pondasi bawah layer 3 dengan komposisi campuran 40% fly ash, 40% bottom ash dan semen 20% dengan nilai CBR terendah 31.2% dan nilai CBR tertinggi 52.4%, selalu mengalami peningkatan nilai CBR seiring penambahan jumlah komposisi semen jika dibandingkan dengan lapisan pondasi bawah layer 1 dengan dengan komposisi campuran 70% fly ash, 20% bottom ash dan semen 10% dengan nilai CBR terendah 10.9% dan nilai CBR tertinggi 28.6%. Berbeda halnya pada lapisan pondasi bawah layer 2 dengan komposisi campuran 70% fly ash, 25% bottom ash dan semen 5% dengan nilai CBR terendah 18.6% dan nilai CBR tertinggi 34.7%, nilai CBR yang

dihasilkan lebih tinggi jika dibandingkan dengan campuran material lapisan pondasi bawah layer 1 dengan komposisi campuran 70% fly ash, 20% bottom ash dan 10% semen dengan nilai CBR terendah 10.9% dan nilai CBR tertinggi 28.6%. Diketahui sebelumnya nilai CBR selalu mengalami peningkatan pada saat persentase semen pada komposisi campuran material mengalami penambahan. Maka dari itu, peneliti merekomendasikan penggunaan campuran material untuk lapisan pondasi layer 1 dan layer 2 dengan komposisi 70% fly ash, 25% bottom ash dan semen 5% dan perlunya dilakukan penelitian lebih lanjut guna mengetahui fenomena tersebut.

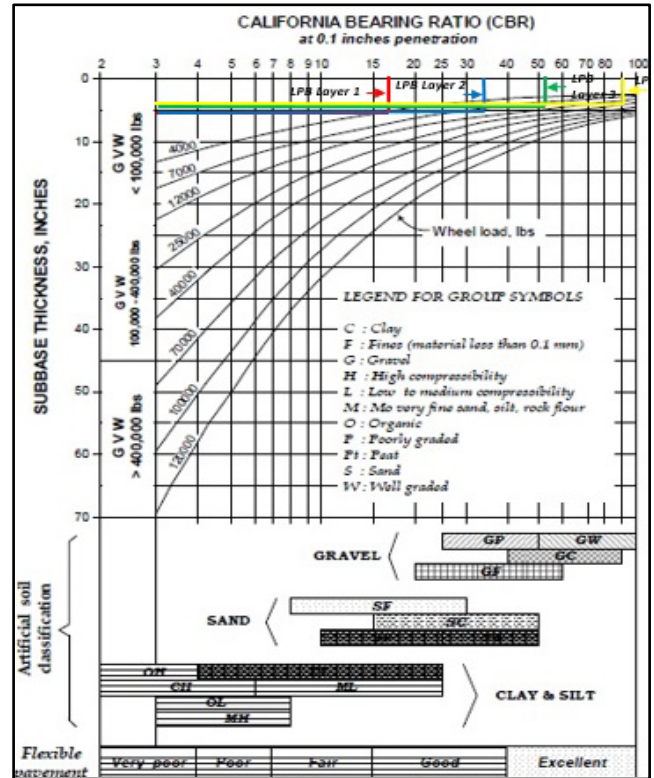
Dari kurva pada gambar 12, nilai beban yang diterima pada lapisan pondasi bawah layer 1 dengan tebal 15 cm (5.9 inch) dan nilai CBR sebesar 16.7% adalah sebesar 4000 lbs (1.814 ton), pada lapisan pondasi bawah layer 2 dengan tebal 15 cm (5.9 inch) dan nilai CBR sebesar 34.7% nilai beban yang dapat diterima ialah sebesar 7000 lbs (3.175 ton), pada lapisan pondasi bawah layer 3 dengan tebal 12.5 cm (4.9 inch) dan nilai CBR sebesar 52.4% nilai beban yang dapat diterima ialah sebesar 12000 lbs (5.443 ton), jika dijumlahkan seluruhnya beban yang dapat diterima untuk lapisan pondasi bawah ialah sebesar 10.432 ton. Sedangkan pada lapisan pondasi atas dengan tebal 10 cm (3.9 inch) dan nilai CBR sebesar 90% nilai beban yang dapat diterima ialah 25000 lbs (11.4 ton) [7].



Gambar-11. Perbandingan CBR Lapangan Pada Lapisan Pondasi Bawah Layer 1,2 dan 3

Tabel-8. Perbandingan Nilai CBR Laboratorium dan Lapangan
Tiap Kombinasi Campuran

Lapisan	Kombinasi Campuran			Lokasi	CBR %	
	Fly ash (%)	Bottom ash (%)	Semen (%)		La b	Lapan gan
Layer 1 Lapisan Pondasi Bawah	70	20	10	STA 0+000	14	13.3
				STA 0+020	14	10.9
				STA 0+040	14	14.0
				STA 0+060	14	11.5
				STA 0+080	14	16.7
				STA 0+100	14	28.6
Layer 2 Lapisan Pondasi Bawah	70	25	5	STA 0+134	14	11.5
				STA 0+000	-	27.7
				STA 0+020	-	34.7
				STA 0+040	-	18.6
				STA 0+060	-	25.4
				STA 0+080	-	26.6
Layer 3 Lapisan Pondasi Bawah	40	20	40	STA 0+100	-	34.6
				STA 0+134	-	21.5
				STA 0+000	77	-
				STA 0+020	77	-
				STA 0+040	77	-
				STA 0+060	77	-
Layer 3 Lapisan Pondasi Bawah	40	40	20	STA 0+080	77	-
				STA 0+100	77	-
				STA 0+134	77	-
				STA 0+000	-	35.7
				STA 0+020	-	38.1
				STA 0+040	-	40.8
				STA 0+060	-	31.7
				STA 0+080	-	31.2
STA 0+100	-	52.4				
STA 0+134	-	48.6				



Gambar-12. Kurva Perkerasan Lentur untuk Menentukan Tebal Perkerasan Semua dengan Harga CBR Material

KESIMPULAN

Adapun kesimpulan yang dapat diambil dari hasil penelitian penggunaan fly ash, bottom ash dan semen sebagai campuran material perkerasan jalan adalah sebagai berikut :

1. Nilai CBR yang dihasilkan pada pengaplikasian di lapangan dengan kombinasi campuran 70% fly ash, 20% bottom ash dan 10% semen dengan nilai CBR terendah 10.9% dan CBR tertinggi 28,6%, telah mendekati nilai perencanaan CBR yang di lakukan di laboratorium sebesar 14%. Walaupun tidak semua titik memenuhi nilai target CBR yang sudah direncanakan
2. Perbedaan nilai CBR lapangan yang cukup bervariasi ini diakibatkan oleh beberapa faktor, contohnya tidak maksimalnya proses pengadukan material fly ash, bottom ash dan semen dengan menggunakan mesin molen sehingga material tidak tercampur dengan merata. Kemudian proses pemadatan dengan menggunakan vibro yang kurang maksimal serta kondisi cuaca di lapangan yang sangat tidak menentu, mengakibatkan material yang telah terhampar mengalami penundaan proses pemadatan, hal ini menyebabkan semen yang terdapat pada campuran material bereaksi sebelum dilakukannya pemadatan, sehingga hasil padatan material tidak maksimal.
3. Pengurangan persentase semen pada campuran material lapisan pondasi bawah layer 2, dengan komposisi campuran 70% fly ash, 25% bottom ash dan semen 5% menghasilkan nilai CBR terendah 18.6% dan nilai CBR tertinggi 34.7%, nilai CBR yang dihasilkan lebih tinggi jika dibandingkan dengan penggunaan semen sebesar 10%. Oleh karena hal ini, perlu dilakukannya penelitian lebih lanjut dengan perubahan persentase pada fly ash, bottom ash dan juga semen mengingat pada pengujian

sebelumnya hanya melakukan perubahan persentase pada *fly ash* dan semen saja.

Adapun saran yang dapat diberikan adalah sebagai berikut :

1. Perlu dilakukannya penelitian pengaruh penambahan *bottom ash* sebesar 25% hingga 35% pada campuran material subgrade preparation dengan semen 5% hingga 10% agar penggunaan abu batubara jauh lebih banyak digunakan dan mendapatkan komposisi penggunaan abu batubara yang tepat sehingga mendapatkan campuran material lapisan pondasi bawah dengan daya dukung yang optimal.
2. Perlunya penggunaan pelindung hujan berupa atap (bisa menggunakan terpal) yang portable agar produktifitas dan pengerjaan jalan menjadi lebih optimal.
3. Perlunya pengawasn yang lebih teliti pada saat pencampuran material guna memastikan material benar-benar tercampur secara merata
4. Perlunya penggunaan alat *mixer* dengan skala yang lebih besar guna memaksimalkan produktifitas dan efisiensi kerja, sehingga material yang telah dilakukan pengadukan dan penghamparan tidak terlalu lama menunggu untuk dilakukan pemadatan

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada :

1. PLTU Asam-asam yang telah memberikan kesempatan kepada penulis untuk melakukan penelitian pada implementasi FABA pada road base PLTU Asam-asam
2. Bapak Nurhakim, S.T., M.T. dan Riswan, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing yang memberikan arahan dalam penyusunan penelitian ini.
3. Bapak Ir. Yasrudin, M.T. selaku Ketua Lab. Jalan dan Transportasi Fakultas Teknik ULM dan pembimbing di lapangan

DAFTAR PUSTAKA

- [1] U. Ayuningtyas, R. Rosmeika, and A. Firdaus. "FLY ASH DAN BOTTOM ASH SEBAGAI MATERIAL INFRASTRUKTUR UNTUK Mendukung Pembangunan Yang Berkelanjutan," *PROCEEDINGS OF NATIONAL COLLOQUIUM RESEARCH AND COMMUNITY SERVICE*, vol. 7, pp. 47-52. 2023.
- [2] I. D. W. S. Rini, *et al.*, "PENGUNAAN FLY ASH INDUSTRI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA UAP (PLTU) SEBAGAI PENGANTI SEMEN PADA BETON," *Prosiding Seminar Nasional Teknologi V*, Oktober, 2019.
- [3] J. A. Harison, "Correlation of CBR and dynamic cone penetrometer strength measurement of soils," *Australian Road Research*, vol. 16, no. 2, 1986.
- [4] F. Amini, "Potential applications of dynamic and static cone penetrometers in MDOT pavement design and construction," Jackson State University, No. FHWA/MS-DOT-RD-03-162, 2003.
- [5] *Pemberlakuan Pedoman Cara Uji California Bearing Ratio (CBR) dengan Dynamic Cone Penetrometer (DCP).*, Surat Edaran Menteri Pekerjaan Umum No. 4, 2010.
- [6] A. Suwandhi, Awang, "Perencanaan Jalan Tambang", *in Diklat Perencanaan Tambang Terbuka.*, Bandung: Universitas Islam Bandung, 2004.
- [7] H. Pranoto, Haikun, A. Mustofa, and K. Kartini, "Aspek geoteknik pemanfaatan lempung kaolin sebagai material lapis badan jalan tambang Kabupaten Banjar," *Jurnal Himasapta*, vol. 6, no. 2, pp. 85-88, 2021.

