

KAJIAN PENGARUH PEMANFAATAN LIMBAH FABA (FLY ASH DAN BOTTOM ASH) PADA KONSTRUKSI LAPISAN BASE PERKERASAN JALAN

Tengku Syahilla Indriyati¹⁾, Alfian Malik²⁾, Yosi Alwinda²⁾

^{1,2,3}Program Studi S1 Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau

Kampus Bina Widya Jl. HR. Soebrantas Km 12,5 Pekanbaru, Kode 28293

Email : tengku.syahillaindriyati@student.unri.ac.id, ALFmalik@gmail.com, yosi.05.sipil@gmail.com

ABSTRAK

Batu bara termasuk kedalam bahan bakar fosil. Di Indonesia, cadangan batu bara tersedia dalam jumlah banyak. Pembakaran batu bara menghasilkan limbah berupa *fly ash* dan *bottom ash* (FABA). FABA yang dibiarkan menumpuk dalam waktu yang lama dapat menimbulkan masalah bagi lingkungan seperti pencemaran. Penelitian ini bertujuan untuk dapat memanfaatkan FABA untuk perkerasan jalan yaitu lapisan pondasi atas (*base*) agar dapat mengurangi pencemaran lingkungan dan mencari proporsi yang tepat agar pemanfaatan bisa dilakukan dengan optimal. Penelitian ini menggunakan metode pengujian CBR laboratorium dengan rendaman yang bertujuan untuk mengetahui seberapa besar pengaruh FABA terhadap campuran lapisan *base* ini untuk mendapatkan nilai CBR atau kekuatan daya dukung yang sesuai dengan standar bina marga 2018. Campuran lapisan *base* dibuat dalam lima variasi. Variasi I dan III FABA digunakan sebagai bahan pengganti sedangkan pada variasi II, IV dan V FABA digunakan sebagai bahan tambah. Variasi I dan II dengan komposisi FABA 55%FA dan 45%BA menghasilkan nilai CBR 114% dan 162%. Pada variasi tiga dan empat dengan perlakuan yang berbeda dengan cara diperam yang menghasilkan nilai CBR yaitu variasi 117% dan 252%. Sedangkan pada variasi V komposisi FABA 75%FA 25%BA nilai CBR yang didapat 100%, sehingga semua nilai CBR rendaman masuk kedalam standar dan FABA layak digunakan kedalam campuran lapisan perkerasan jalan.

Kata kunci: *fly ash*, *bottom ash*, *base*, CBR

ABSTRACT

Coal were the fossil fuels. In Indonesia there were so many reserve available. Coal Combustion produced fly ash dan bottom ash (FABA). After a long time the accumulation of FABA waste caused the problem of environment such as pollution. This research aims to utilized FABA for base layer of road pavement to reduce the pollution and found the right proportion so the utilization could be more optimal. This researched used a laboratory test method by tested the soaked CBR value to test the effect of FABA on the CBR value of base layer mixture based on Bina Marga 2018 standard. Based layer mixture was made in five variations. The variations I, II, III and IV contain the composition of FABA was 55% fly ash and 45% bottom ash. The variation I and II was obtained 114% and 162% CBR value. In variation III and IV there was a different treatment so it was obtained 117% and 252% CBR value. In variation V there was a different composition between fly ash dan bottom ash such fly ash 75% and bottom ash 25%. It obtained the CBR value 100% so that all the soaked CBR value was pass the standard and possible to used in road pavement mixture.

Keywords: *fly ash*, *bottom ash*, *base*, CBR

1. PENDAHULUAN

Batu bara merupakan salah satu bahan bakar fosil yang ada di Indonesia dan ketersediaannya diperkirakan mencapai hingga 38,9 miliar ton. Dari 38,9 miliar ton tersebut berada di Sumatera sekitar 67%, 32% berada di Kalimantan dan sisanya berada di Pulau Jawa, Sulawesi dan Irian Jaya. Wardani (2008). PT. Indah Kiat Pulp and Paper (IKPP) Perawang merupakan salah satu perusahaan yang menggunakan batu bara di Provinsi Riau. Pemakaian

batu bara oleh PT. IKPP pada tahun 2005 adalah sebesar 530.440 ton menurut Anam (2008).

Peraturan Pemerintah no.85 tahun 1999 tentang pengolahan limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3) FABA termasuk kategori sebagai limbah B3 karena kandungan dari limbah FABA tersebut terdapat oksida logam berat yang akan mengalami pencarian secara alami dan mencemari lingkungan. Setelah dilakukan uji *Toxicity Characteristic Leaching Procedure* (TCLP) yang mana metode ini untuk menentukan karakteristik

untuk limbah dengan kategori beracun dan besaran yang menentukan pencemar organik yaitu pada limbah cair, padat dan mobilitas yang menghasilkan limbah ini tidak berbahaya bagi makhluk hidup.

. Abu terbang pada dasarnya tidak mempunyai kemampuan untuk mengikat tetapi dengan adanya partikel yang ukurannya halus dan ditambah kehadiran air, oksida silika yang terkandung dalam abu terbang akan menimbulkan reaksi kimia dengan kalsium hidroksida yang terbentuk dari proses hidrasi semen yang menghasilkan zat yang memiliki kemampuan mengikat. Berdasarkan Hamdani & Satibi (2017) Peningkatan nilai CBR terjadi secara bertahap pada pemeraman 0 hari dan pada pemeraman 28 hari.

Hal ini yang membuat FABA dapat dijadikan sebagai alternatif untuk bahan campuran penyusun lapisan perkerasan jalan seperti lapisan pondasi atas (*base*), lapisan pondasi bawah (*subbase*) dan lapisan tanah dasar (*subgrade*). Pemanfaatan FABA sebagai campuran perkerasan jalan bertujuan untuk mengurangi pencemaran lingkungan. Pemanfaatan FABA untuk lapisan perkerasan jalan harus memiliki proporsi yang tepat agar pemanfaatan FABA bisa optimal.

Jalan

Jalan adalah prasarana bagi transportasi darat. Jalan ini memegang peranan penting dalam menghubungkan antar daerah sehingga daerah satu dengan yang lainnya dapat terhubung. Jalan juga dapat berfungsi sebagai prasarana pengembangan wilayah dan sarana pembangunan (Cahyo A, et al 2018). Jalan terbagi atas jenis dan tipe perkerasan menurut Sukirman (1992) yaitu sebagai berikut:

- Flexible pavement* (perkerasan lentur).
- Rigid pavement* (perkerasan kaku).
- Composite pavement* (gabungan *rigid* dan *flexible pavement*).

Menurut Admin (2012) perkerasan lentur terdiri dari beberapa jenis lapisan perkerasan, yaitu:

- Lapisan Tanah Dasar (*Subgrade*). Tanah dasar adalah permukaan tanah asli maupun permukaan galian atau timbunan.
- Lapisan Pondasi Bawah (*Subbase Course*). *Subbase* merupakan bagian perkerasan yang berada diantara lapisan tanah dasar dan lapisan pondasi atas (*base*). Lapisan pondasi bawah meneruskan beban yang diterima dari lapisan perkerasan atas ke lapisan tanah dasar.
- Lapisan Pondasi Atas (*Base Course*). *Base course* merupakan lapisan perkerasan jalan yang terletak diantara lapisan *surface* dan lapisan *subbase*. Lapisan pondasi atas berfungsi meneruskan beban yang diterima dari lapisan permukaan ke lapisan pondasi bawah.
- Lapisan Permukaan/penutup (*Surface Course*). Merupakan lapisan yang menerima beban dari

roda kendaraan secara langsung. Lapisan ini terletak paling atas dari lapisan perkerasan jalan.

Penelitian ini mengkaji pada lapisan pondasi atas (*base*) yang terletak di antara lapis pondasi bawah dan lapis permukaan. Lapisan pondasi atas ini berfungsi sebagai bagian perkerasan yang menahan gaya lintang dari beban roda dan menyebarkan beban ke lapisan di bawahnya, bantalan terhadap lapisan permukaan.

Bahan penyusun untuk lapis pondasi atas ini harus berasal dari material yang cukup awet dan kuat sehingga dapat menahan beban-beban yang terdistribusi dari lapisan permukaan jalan. Penentuan material lapis pondasi atas ini perlu dipertimbangkan beberapa hal antara lain, kecukupan bahan setempat, harga, volume pekerjaan dan jarak angkut bahan ke lapangan syarat ukuran ayakan dan lapisan pondasi untuk kelas A dapat dilihat pada Tabel 1 dan 2.

Tabel 1 Syarat Ukuran Ayakan

Ukuran Saringan		Persen Berat yang lolos
Bina Marga 2018	(mm)	Kelas A
2"	50	-
1 1/2"	37,5	100
1"	25	79 – 85
3/8"	9,5	44 – 58
Saringan no.4	4,75	29 – 44
Saringan no.10	2	17 – 30
Saringan no.40	0,425	7 – 17
Saringan no.200	0,075	2 – 8

Sumber: (Kementerian PUPR, 2018)

Tabel 2 Syarat Sifat-sifat Lapis Pondasi Atas

Sifat – sifat	Kelas A
Abrasi dari Agregat Kasar berdasarkan SNI 2417-2008	0 - 40%
Indeks Plastisitas (SNI 1966-2008)	0 – 6
Hasil kali Indeks Plastisitas dengan % Lolos Saringan No.200	Maks. 25
Batas Cair (SNI 1967:2008)	0 – 25
Bagian yang Lunak berdasarkan SNI 03-4141-1996	0 - 5%
CBR (SNI 03-1744-1989)	Min. 90%

Sumber: (Kementerian PUPR, 2018)

Fly Ash dan Bottom Ash

Fly ash adalah abu yang dihasilkan dari pembakaran batu bara yang terdiri dari partikel-partikel yang halus. Batu bara yang dibakar dalam *boiler* menghasilkan abus sisa yang mengapung karena berat jenisnya yang sangat ringan yang disebut *fly ash*. Bersamaan dengan itu, dihasilkan pula gas buangan. Abu yang jatuh ke dasar *boiler*

disebut *bottom ash*, pembangkit listrik bertenaga batubara modern, *fly ash* umumnya ditangkap oleh pengendapan elektrostatik atau peralatan filtrasi parikel lainnya sebelum gas buang mencapai cerobong asap. Komponen abu terbang sangat bervariasi tergantung pada sumber dan komposisi batubara yang dibakar, tetapi semua abu terbang mengandung sejumlah besar silikon dioksida (SiO_2) baik itu amorf maupun kristal, aluminium oksida (Al_2O_3) dan kalsium oksida (CaO), senyawa mineral utama dalam strata batuan pembawa batu bara.



Gambar 1 Fly Ash (Abu Terbang)



Gambar 2 Bottom Ash (Abu Dasar)

Agregat

Menurut Bina Marga 2018 Bidang Jalan dan Jembatan ukuran butiran agregat dibedakan menjadi beberapa bagian yaitu sebagai berikut.

1. Agregat Kasar (*Course Aggregate*), yaitu agregat yang memiliki ukuran butiran yang lebih besar atau tertahan pada saringan No. 4 (4,75 mm).
2. Agregat Halus (*Fine Aggregate*), yaitu agregat yang memiliki ukuran butiran yang lebih kecil atau lolos pada saringan No. 4 (4,75 mm) dan tertahan saringan no. 200.
3. Fraksi Bahan Pengisi (*Filler Fraction*), termasuk agregat halus yang sebagian besar lolos saringan No. 200 yang berfungsi mengisi rongga pada campuran.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian melakukan pengujian dilakukan di Laboratorium Jalan Raya Fakultas Teknik Universitas Riau. Dalam penelitian ini digunakan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 sebagai acuan untuk menentukan campuran Lapisan *base A* dengan menggunakan metode pengujian CBR rendaman. Untuk standar pelaksanaan pengujiannya digunakan

Standar Nasional Indonesia (SNI) yang berkaitan dengan pengujian *base*

Bahan

Bahan-bahan yang digunakan adalah:

1. Agregat kasar dan halus berasal dari PT.Vira Jaya.
2. FABA diperoleh dari limbah batu bara yang diambil dari PT.IKPP, Kecamatan Perawang, Kabupaten Siak.

Peralatan

Peralatan yang digunakan adalah:

1. Mesin pengujian CBR Laboratorium.
2. Arloji pengukur penetrasi.
3. Keping Pemberat.
4. Cetakan benda uji berdiameter 15 cm dan tinggi 17 cm, lengkap dengan pelat alas dan leher sambung.
5. Oven dengan suhu mencapai 200 °C.
6. Bak rendaman.
7. Timbangan.
8. Wadah benda uji.
9. Perlengkapan lainnya.

Pengujian Bahan Penyusun

Semua bahan yang digunakan harus diperiksa karakteristiknya agar sesuai dengan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018.

Pengujian Agregat

Pengujian yang akan dilakukan untuk melihat karakteristik agregat adalah sebagai berikut:

1. Pengujian berat jenis dan penyerapan agregat berdasarkan SNI 03-1969-1990.
2. Pengujian analisa saringan berdasarkan SNI 03-1968-1990.
3. Pengujian Material Lolos Ayakan No. 200 berdasarkan SNI 03-4142-1996.
4. Pengujian keausan agregat kasar dengan mesin abrasi *Los Angeles* berdasarkan SNI 2417 :2008.
5. Pengujian penentuan persentase butir pecah agregat kasar berdasarkan SNI 7619:2012.
6. Pengujian gumpalan lempung dan butir mudah pecah berdasarkan SNI 03-4141-1996.
7. Pengujian *atterberg limit* campuran berdasarkan SNI 1966-2008.
8. Pengujian berat isi campuran berdasarkan SNI 03-4804-1998.
9. Pengujian kepadatan berdasarkan SNI 1743-2008.
10. Pengujian CBR rendaman berdasarkan SNI 03-1744-1989.

Rancangan Campuran Base

Berdasarkan Bina Marga 2018 penggunaan maksimum untuk abu batu bara adalah 25% dalam campuran, maka digunakan variasi penambahan FABA yaitu seperti Tabel 3. Penelitian ini juga melakukan variasi CBR dengan pemeraman benda uji yaitu pada variasi III dan IV.

Tabel 3 Variasi Campuran Sampel

No	Variasi	Kadar FABA	Sampel Proctor	Sampel CBR
		(%)	(buah)	(buah)
1	I	23	5	3
2	II	10	5	3
3	III	23	5	3
4	IV	10	5	3
5	V	12	5	3
Total =			25	15

Penentuan Kadar Air Optimum (KAO) Campuran Base

Metode yang digunakan dalam penentuan KAO ini adalah menggunakan cara kepadatan berat (*proctor modified*). Pengujian kepadatan untuk menentukan KAO dapat dilakukan dengan langkah-langkah berikut:

- Buat sampel kepadatan dengan ketentuan sesuai dengan standar SNI 1743-2008 hingga dapat kadar air optimum, kadar air optimum ditandai dengan setelah berat sampel terus naik dengan penambahan air hingga berat sampel menurun. Kadar air optimum diambil pada puncak grafik.
- Hitung kepadatan basah dengan mengurangi (berat dari cetakan + keping alas + benda uji) dengan (berat cetakan + keping alas) lalu dibagi dengan volume dari cetakan.
- Kemudian hitung kadar air benda uji dengan mengurusi (berat cawan + benda uji basah) dengan (berat cawan + benda uji kering) dan membaginya dengan (berat cawan + benda uji kering) dikurangi (berat cawan).
- Lalu hitung kepadatan (berat isi) kering dengan membagi kepadatan basah yang telah didapatkan dengan (100 + kadar air) dan dikalikan dengan 100%.
- Hitung kepadatan (berat isi) kering untuk derajat kejenuhan 100% dengan cara mengalikan berat jenis benda uji kepadatan air lalu membaginya dengan (100+ berat jenis benda uji yang dikalikan dengan kadar air) dan hasilnya dikalikan kembali dengan 100%.

Setelah kadar air optimum (KAO) sudah didapatkan untuk masing masing variasi, kemudian dilanjutkan membuat benda uji dengan menggunakan kadar air

optimum dengan pengujian CBR rendaman sebanyak 3 buah benda uji.

Metode Pengujian CBR

Persiapan Agregat dan FABA

Sebelum agregat digunakan untuk campuran lapisan base, agregat harus benar-benar dalam kondisi kering dengan minimum harus dioven selama 24 jam. Kemudian agregat disaring dengan memakai saringan yang telah ditentukan seperti yang terdapat dalam Tabel 1.

Pembuatan Benda Uji

Tahapan pembuatan sampel CBR rendaman mengacu pada (SNI 03-1744, 1989) yang dirujuk dari spesifikasi Bina Marga 2018.

- Agregat dikeringkan hingga beratnya tetap atau selama 24 jam di oven.
- Menimbang agregat sesuai dengan fraksinya dengan berat yang telah dicari sebelumnya dari berat total.
- Pencampuran semua agregat berdasarkan fraksinya lalu melakukan pengujian berat jenis campuran kondisi kering, lalu menambahkan air sesuai kadar air optimum dan mengaduknya kembali hingga tercampur rata. Kemudian melakukan pengujian berat isi campuran untuk kondisi basah.
- Melakukan pemadatan
 - Menyiapkan cetakan, penumbuk, timbangan, pisau perata
 - Membersihkan semua peralatan dan cetakan.
 - Meletakkan pemberat didalam cetakan lalu meletakkan selembar kertas yang sudah dipotong sesuai ukuran cetakan.
 - Memasukkan agregat yang telah dicampur kedalam cetakan 1/5 bagian lalu ditumbuk sesuai dengan tumbukan standar yaitu 10. Tumbukan harus jatuh dengan lurus agar pemadatan mendapatkan hasil yang baik.
 - Setelah cetakan penuh lalu diratakan menggunakan pisau perata.
 - Setelah benda uji telah rata lalu dilakukan penimbangan terhadap benda uji dan cetakan lalu catat berat benda uji sebelum dilakukan perendaman.
 - Lakukan langkah di atas untuk sampel benda uji tumbukan 35 dan 65 kali.
 - Setelah semua sampel selesai dipadatkan lalu masukkan dalam bak perendaman. Dalam bak perendaman sampel diberi pemberat lalu bak diisi air hingga sampel terendam. Lalu catat tanggal mulai merendam sampel. Perendaman dilakukan selama 4 hari.

Pemeraman Benda Uji

Perlakuan berbeda dilakukan pada variasi III dan IV, variasi tersebut terlebih dahulu diperam. Setelah semua agregat beserta air yang sesuai dengan kadar air optimum dicampur lalu campuran tersebut dimasukkan ke dalam plastik, dibungkus dengan rapat lalu diperam selama tujuh hari. Setelah diperam selama tujuh hari barulah campuran dipadatkan sesuai standar. Sampel uji yang diperam dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Pemeraman Benda Uji

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengujian Bahan Penyusun Base

Pengujian ini bertujuan untuk melihat apakah agregat yang digunakan layak sebagai bahan campuran *base* dan memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga 2018.

Hasil Pengujian Propertis Agregat

Hasil pengujian agregat diperlihatkan pada Tabel 4.

Tabel 4 Hasil Pengujian Propertis Agregat

Sifat - Sifat Material Yang Diuji	Standar Uji	Hasil Uji	Spesifikasi		
			Min	Max	
Persentase Lolos Ayakan No. 200 2-3 (%)		0,59			
Persentase Lolos Ayakan No. 200 1-2 (%)		0,23			
Persentase Lolos Ayakan No. 200 Medium (%)	SNI 03-4142-1996	2,12			
Persentase Lolos Ayakan No. 200 Abu Batu (%)		15,57			
Persentase Lolos Ayakan No. 200 FABA (%)		39,69			
Abrasi Dengan Mesin Los Angeles (%)	SNI 03-2417-2008	23,39		40	
Pengujian Berat Jenis Agregat Kasar 2-3 (gr/cm ³)					
- BJ. Bulk		3,61			
- BJ. SSD		3,61			
- BJ. Apparent		3,62			
- Penyerapan (%)		0,00			
Pengujian Berat Jenis Agregat Kasar 1-2(gr/cm ³)					
- BJ. Bulk	SNI 03-1969-1990	3,28			
- BJ. SSD		3,39			
- BJ. Apparent		3,66			
- Penyerapan (%)		0,03			
Pengujian Berat Jenis Agregat Kasar Medium (gr/cm ³)					
- BJ. Bulk		3,66			
- BJ. SSD		3,71			
- BJ. Apparent		3,83			
- Penyerapan (%)		1,16			
Sifat - Sifat Material Yang Diuji	Standar Uji	Hasil Uji	Spesifikasi		
			Min	Max	
Pengujian Berat Jenis Agregat Halus Abu Batu (gr/cm ³)					
- BJ. Bulk		2,53			
- BJ. SSD		2,55			
- BJ. Apparent		2,59			
- Penyerapan (%)	SNI 03-1970-1990	1,02			
Pengujian Berat Jenis Agregat Halus FABA (gr/cm ³)					
- BJ. Bulk		2,58			
- BJ. SSD		2,59			
- BJ. Apparent		2,60			
- Penyerapan (%)		0,37			
Agregat Berbutir Pecah (%)	ASTM D 5821	100,00	95/90		
Gumpalan Lempung (%)	ASTM C 142	0,26	0	5	

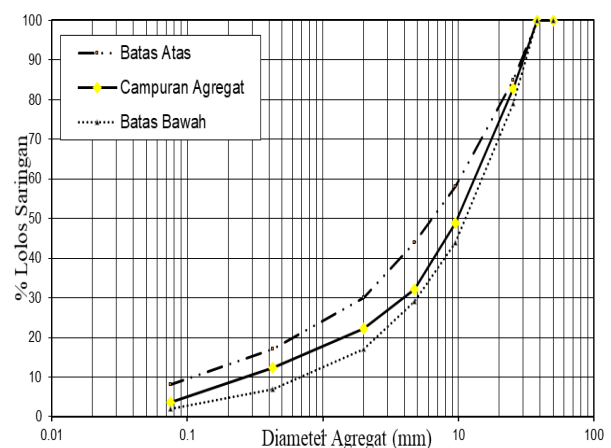
Dari hasil pengujian agregat dapat dilihat pada Tabel 4. menunjukkan karakteristik agregat telah memenuhi spesifikasi yang ditentukan. Maka agregat tersebut bisa digunakan sebagai bahan penyusun *base* dalam penelitian ini.

Hasil Pencampuran Agregat

Hasil pencampuran agregat memiliki lima variasi. Variasi I merupakan campuran dimana FABA sebagai pengganti abu batu. Variasi II merupakan campuran dimana FABA sebagai bahan tambah. Variasi III sama dengan variasi I tetapi pada variasi ini diberi perlakuan yang berbeda yaitu berupa pemeraman. Variasi IV sama dengan variasi II tetapi pada variasi ini diberi perlakuan yang berbeda yaitu berupa pemeraman seperti variasi III. Sedangkan variasi V FABA dijadikan sebagai bahan tambah sama seperti variasi I hanya saja perbandingan proporsi FABA berbeda.

Tabel 5 Hasil pencampuran agregat variasi dan III

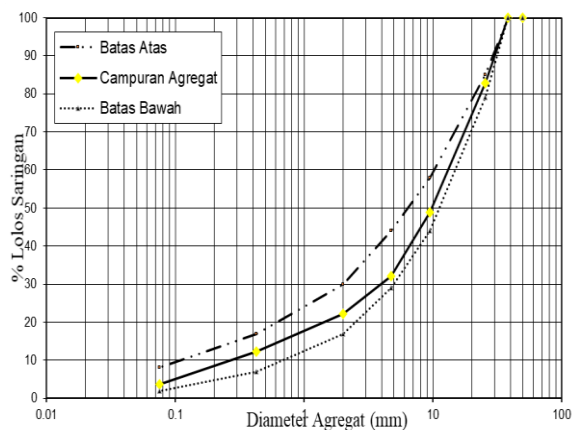
Nomor Saringan		Hasil Uji Jumlah	Spesifikasi Lolos Saringan	
			Batas Bawah	Batas Atas
50,00	2	100,00	100	100
38,10	1 1/2"	100,00	100	100
25,40	1"	83,57	79	85
9,52	3/8"	48,76	44	58
4,76	No. 4	29,07	29	44
2,000	No. 10	23,32	17	30
0,425	No. 40	15,44	7	17
0,075	No. 200	7,58	2	8



Gambar 3 Grafik Gradasi Pencampuran Agregat

Tabel 6 Hasil pencampuran agregat variasi II dan IV

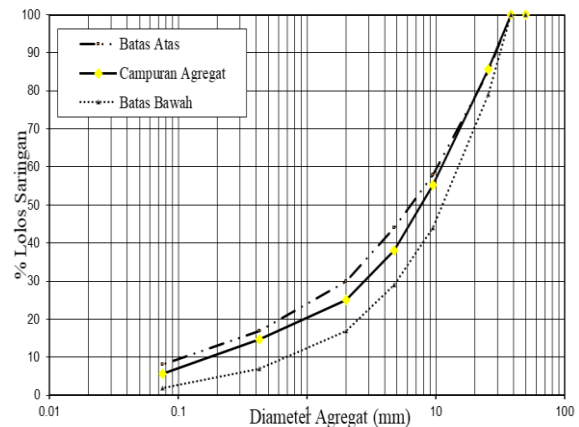
Nomor Saringan		Hasil Uji Jumlah	Spesifikasi Lolos Saringan	
			Batas Bawah	Batas Atas
mm	inch	100%		
50,00	2	100,00	100	100
38,10	1 1/2"	100,00	100	100
25,40	1"	82,89	79	85
9,52	3/8"	48,83	44	58
4,76	No. 4	32,17	29	44
2,000	No. 10	22,30	17	30
0,425	No. 40	12,36	7	17
0,075	No. 200	3,71	2	8



Gambar 4 Grafik Gradasi Pencampuran Agregat

Tabel 7 Hasil pencampuran agregat variasi II dan IV

Nomor Saringan		Hasil Uji Jumlah	Spesifikasi Lolos Saringan	
			Batas Bawah	Batas Atas
Mm	Inch	100%		
50,00	2	100,00	100	100
38,10	1 1/2"	100,00	100	100
25,40	1"	84,94	79	85
9,52	3/8"	53,54	44	58
4,76	No. 4	36,93	29	44
2,000	No. 10	24,20	17	30
0,425	No. 40	14,10	7	17
0,075	No. 200	5,18	2	8

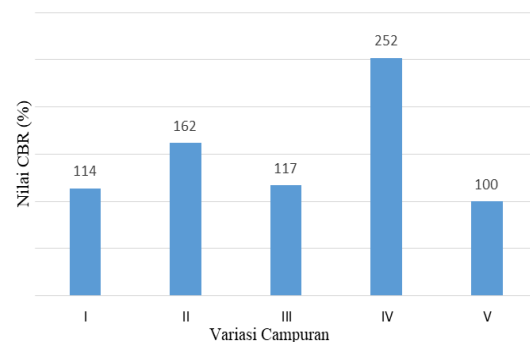


Gambar 5 Grafik Gradasi Pencampuran Agregat

Hasil Pengujian Campuran Base

Setelah didapatkan nilai KAO, selanjutnya dilakukan pembuatan benda uji pada kelima variasi dengan komposisi FABA 55/45 dan 75/25. Hasil Rekapitulasi nilai pengujian CBR Rendaman terlihat pada Gambar 6.

Rekapitulasi Nilai CBR



Gambar 6 Rekapitulasi nilai CBR Rendaman

Berdasarkan Gambar 6 dari hasil pengujian CBR rendaman yang dilakukan terdapat persentase peningkatan dan penurunan nilai CBR rendaman. Dapat dilihat bahwa variasi I dan III memiliki nilai CBR sedikit lebih rendah dibandingkan dengan variasi II dan IV. Sedangkan untuk variasi V nilai CBR masih masuk dalam standar base A yaitu 90%. Nilai CBR semua variasi menunjukkan bahwa pengaruh penambahan FABA kedalam campuran menghasilkan daya dukung yang sesuai dengan standar Bina Marga 2018 yaitu untuk perkerasan jalan terutama pada lapisan base. Dari semua variasi diatas dapat direkomendasikan untuk perkerasan jalan sesuai dengan kebutuhan perencanaan jalan raya.

4. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dan pembahasan pengaruh penggunaan kombinasi abu sekam padi dan abu batu bata sebagai pengganti *filler* terhadap karakteristik *Marshall* pada campuran AC-BC (*Asphalt Concrete – Binder Course*) dapat disimpulkan sebagai berikut.

1. Pengaruh dari penambahan FABA kedalam campuran lapisan *base* yaitu dapat meningkatkan daya dukung lapisan *base* terbukti dengan pengujian CBR rendaman yang menghasilkan nilai CBR yang masuk terhadap standar (90%) yaitu 162% tetapi FABA juga memerlukan banyak penggunaan air pada campuran.
2. Untuk benda uji yang diberikan perlakuan pemeraman pada variasi III dan IV menghasilkan nilai CBR pada 100% Y_{dmax} yaitu 117% dan 252%.
3. Untuk komposisi FABA 75% fly ash dan 25% bottom ash nilai CBR yang didapatkan adalah sebesar 100%.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Brito, M. (2003). Analisis perbandingan perhitungan tebal perkerasan kaku dengan metode Bina Marga 2013 dan AASHTO 1993 (studi kasus jalan tol Solo – Ngawi sta 0+900 – 2+375), (Mm), 1–18.
- [2] Karakteristik Hamdani, R., & Satibi, S. (2017). Mekanis Dari Campuran Abu Terbang Dan Abu Dasar Dalam Geoteknik. *Jom FTEKNIK*, 4(1).
- [3] Kementerian PUPR. (2018). *Spesifikasi Umum*.
- [4] Klarens, K., Indranata, M., & Hardjito, D. (2015). *Pemanfaatan Bottom Ash dan Fly Ash Tipe C Sebagai Bahan Pengganti Dalam Pembuatan Paving Block*.
- [5] Pandey, S. V. (2013). Kerusakan Jalan Daerah Akibat Beban Overloading. *Tekno Sipil*, 11(58), 1–8. Retrieved from <http://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/tekno/article/view/4292/3821>
- [6] Patrick, A. (2003). Pengaruh Penggunaan Bottom Ash Terhadap Karakteristik Campuran Aspal Beton. *Dimensi Teknik Sipil*, 5(2), 75–81.
- [7] *Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 34 Tentang Jalan*. (2006).
- [8] Permana, A. M. (2017). *Studi Laboratorium Pengaruh Penambahan Kapur dan Bottom Ash pada Tanah Ekspansif Terhadap Nilai CBR*.
- [9] Priadana, K. A. (2012). Proses Pengolahan Batu Bara Pembangkit Listrik menjadi Fly Ash.
- [10] Qomaruddin, M., & Sudarno. (2017). Pemanfaatan Limbah Bottom Ash Pengganti Agregat Halus Dengan Tambahan Kapur Pada Pembuatan Paving. *Reviews in Civil Engineering*, 01(1), 13–18.
- [11] Saodang, H. (2005). *Perancangan Perkerasan Jalan Raya* (2nd ed.). Bandung: Nova.
- [12] SNI 03-1744. (1989). Metode Pengujian CBR Laboratorium.
- [13] SNI 03-1968. (1990). Metode Pengujian tentang Analisa Saringan Agregat Halus dan Kasar.
- [14] SNI 03-1969. (1990). Metode Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar.
- [15] SNI 03-4142. (1996). Metode Pengujian Jumlah Bahan dalam Agregat yang Lolos Saringan No. 200 (0,075 mm).
- [16] SNI 03-4804. (1998). Metode Pengujian Berat Isi dan Rongga Udara dalam Agregat.
- [17] SNI 1743. (2008). Cara Uji Kepadatan Berat untuk Tanah.
- [18] SNI 1966. (2008). Cara Uji Penentuan Batas Plastis dan Indeks Plastisitas Tanah.
- [19] SNI 2417. (2008). Cara Uji Keausan Agregat dengan Mesin Abrasi Los Angeles.
- [20] SNI 4141. (1996). Metode Pengujian Gumpalan Lempung dan Butir-Butir Mudah Pecah dalam Agregat.
- [21] SNI 7619. (2012). Metode Uji Penentuan Persentase Butir Pecah pada Agregat Kasar. Retrieved from www.bsn.go.id
- [22] Soehardjono, A., Prastumi, Hidayat, T., & Prawito, G. S. (2013). Pengaruh Penggunaan Bottom Ash Sebagai Pengganti Semen Terhadap Nilai Kuat Tekan dan Kemampuan Resapan Air Struktur Paving. *Jurnal Rekayasa Sipil*, 7(1), 74–80.
- [23] Srihayu, G. (2011). *Analisis distribusi beban gandar pada angkutan berat muatan berlebih terhadap kerusakan pada struktur perkerasan lentur*.
- [24] Wardani, S. P. R. (2008). Pemanfaatan Limbah Batubara (Fly Ash) untuk Stabilisasi Tanah Maupun Keperluan Teknik Sipil lainnya dalam Mengurangi Pencemaran Lingkungan.
- [25] Yahya, T. T. (2017). Pengaruh Kombinasi Fly

Ash Dan Bottom Ash Sebagai Bahan Substitusi Pada Campuran Beton Terhadap Sifat Mekanis. *Jom F TEKNIK*, 4(1).

- [26] Yunus, A. (2010). *Kuat Tekan dan Kuat Lentur Beton dengan Bahan Tambah Fly Ash sebagai Bahan Perkerasan Kaku (Rigid Pavement) Compressive Strength and Flexural Strength of Concrete with Added Material of Fly Ash as Material of Rigid Pavement.*