

KAJIAN PEMANFAATAN LIMBAH *FLY ASH* DAN *BOTTOM ASH* PADA KONSTRUKSI LAPISAN PERKERASAN *SUBBASE* JALAN

Florence Agustina Samosir¹⁾, Alfian Malik²⁾, Yosi Alwinda²⁾

¹⁾Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau

²⁾Dosen Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau

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

Email : florence.agustinasamosir@student.unri.ac.id

ABSTRACT

Fly ash and bottom ash (FABA) is one of the residues produced from the coal burning process which is included in hazardous and toxic waste. However, the content of FABA is one reason for the utilization of the waste has been used. The purpose of this study was to determine the utilization of fly ash and bottom ash in the subbase on the carrying capacity of the road and with the appropriate proportions to optimize profit utilization. This research is based on laboratory testing by testing the CBR of immersion by the 2018 Bina Marga standard. The subbase layer mixture was made in four variations. Variation I was without fly ash and bottom ash. In variations II and III fly ash and bottom ash were used as substitutes, and in variation IV fly ash and bottom ash were used as additives. Variation I with 0% fly ash and bottom ash content resulted in a CBR value of 64%. Variation II and variation III with 22% and 25% fly ash and bottom ash content resulted in CBR values of 93% and 84%. Variation IV with 25% fly ash and bottom ash content results in a CBR value of 73% so that all CBR values are fulfilled on the 2018 Bina Marga standard and fly ash and bottom ash are suitable for use in the mixture of road pavement layers.

Keywords: Fly ash, Bottom ash, CBR, Subbase

A. PENDAHULUAN

Fly ash dan bottom ash (FABA) merupakan bagian dari sisa pembakaran yang berbentuk partikel halus. Abu tersebut merupakan bahan anorganik yang terbentuk dari perubahan bahan mineral karena proses pembakaran (Munir, 2008). Salah satunya adalah proses pembakaran batu bara.

Dewasa ini, pemakaian batu bara sebagai sumber energi pada pembangkit tenaga listrik atau industri lainnya cukup besar. Hal ini membuat batu bara menghasilkan residu dalam jumlah yang besar pula. Besarnya jumlah residu tersebut akan menimbulkan masalah dalam proses pembuangannya karena dapat mencemari lingkungan sekitar (Santoso, et al 2003). Peraturan Pemerintah Nomor 85 tahun

1999 tentang pengolahan limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3) FABA termasuk kategori sebagai limbah B3 karena FABA mengandung logam berat yang akan mengalami pencarian secara alami dan mencemari lingkungan.

Peraturan Pemerintah Nomor 101 tahun 2014 tentang Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun mendefinisikan pemanfaatan limbah B3 adalah kegiatan penggunaan kembali, daur ulang, dan perolehan kembali yang bertujuan untuk mengubah limbah B3 menjadi produk yang dapat digunakan sebagai substitusi bahan baku, bahan penolong, dan bahan bakar yang aman bagi kesehatan manusia dan lingkungan hidup. Beberapa penelitian menyebutkan FABA

memiliki kandungan yang dapat dimanfaatkan seperti oksida silika (SiO_2), Al_2O_3 , dan Fe_2O_3 . Hal inilah yang membuat FABA mulai dimanfaatkan misalnya sebagai bahan campuran pada perkerasan jalan baik lapis fondasi atas, lapis fondasi bawah, maupun tanah dasar.

Lapisan fondasi bawah (*subbase*) merupakan lapisan yang terletak di antara lapis fondasi atas dan tanah dasar (Sukirman 1999). Sesuai dengan standar Bina Marga 2018, penyusun material lapisan *subbase* terdiri dari agregat kelas B yang terdiri atas agregat kasar dan agregat halus.

Menurut Santoso, et al (2003), penggantian pasir (agregat halus) dengan *bottom ash* sebesar sepuluh sampai seratus persen pada campuran aspal beton dapat meningkatkan *void in material aggregate* yang memenuhi persyaratan lapis aspal beton untuk lalu lintas berat. Selain itu, penelitian yang telah dilakukan Indriyati, et al (2019) menunjukkan penambahan FABA sebanyak 12% menghasilkan nilai CBR 162%. Nilai tersebut sudah memenuhi standar Bina Marga 2018 sebagai syarat untuk nilai CBR.

Berdasarkan potensi yang dimiliki oleh limbah FABA, maka perlu kajian kombinasi antara *fly ash* dan *bottom ash* sebagai bahan campuran maupun bahan pengganti dalam lapis perkerasan *subbase* jalan untuk mengetahui pengaruh penggunaan dan proporsi campuran yang sesuai dengan standar Bina Marga 2018.

B. TINJAUAN PUSTAKA

B.1 Lapis Fondasi Bawah

Menurut Sukirman (1999), lapisan fondasi bawah merupakan lapisan yang terletak antara lapis fondasi atas dan tanah dasar. Pada lapisan ini terdapat ukuran butiran agregat yang bervariasi atau yang biasa disebut dengan gradasi agregat. Ukuran butiran tersebut sudah diatur dalam Bina Marga 2018. Tujuan dari pembatasan ukuran butir agregat untuk mendapatkan jenis campuran yang baik.

Berdasarkan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 batasan-batasan untuk campuran *subbase* seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Syarat Ukuran Ayakan *Subbase*

Ukuran Ayakan		Persen Berat yang lolos
Bina Marga 2018	(mm)	Kelas B
2"	50	100
1 1/2"	38,1	88 – 95
1"	25	70– 85
3/8"	9,5	30 – 65
Nomor 4	4,75	25 – 55
Nomor 10	2	15 – 40
Nomor 40	0,425	8 – 20
Nomor 200	0,075	2 – 8

Sumber: Direktorat Jendral Bina Marga (2018)

Selain syarat ukuran butiran agregat, lapisan *subbase* juga memiliki syarat sifat lainnya yang dapat dilihat pada Tabel 2 dan Tabel 3.

Tabel 2. Nilai CBR Tiap Lapisan

Material	Nilai CBR (%)
<i>Subgrade</i>	> 6%
<i>Subbase course</i>	Min.60%
<i>Base course</i>	Min.90%

Sumber: Direktorat Jendral Bina Marga (2018)

Tabel 3. Syarat Sifat Lapis Fondasi Bawah

Sifat – sifat	Kelas B
Abrasi dari Agregat Kasar (SNI 2417-2008)	0 - 40%
Indeks Plastisitas (SNI 1966-2008)	4 – 10
Batas Cair (SNI 1967-2008)	0 – 35
Gumpalan Lempung dan Butiran-butiran Mudah Pecah (SNI 03-4141-1996)	0 - 5%

Sumber: Direktorat Jendral Bina Marga (2018)

B.2 *Fly Ash*

Abu terbang (*fly ash*) adalah bagian dari sisa pembakaran batu bara pada *boiler* pembangkit listrik tenaga uap yang berbentuk partikel halus. Pada saat proses pembakaran batu bara, abu terbang terbawa

oleh gas buang ke atas (Suarnita, 2011). Abu terbang dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. *Fly Ash*

B.3 *Bottom Ash*

Menurut Hamdani (2017), abu dasar batu bara yang terlihat pada Gambar 2 merupakan bahan buangan dari proses pembakaran batu bara pada pembangkit tenaga yang mempunyai ukuran partikel lebih besar dan lebih berat dari abu terbang. Sehingga ketika *bottom ash* disentuh terasa lebih kasar.



Gambar 2. *Bottom Ash*

B.4 Agregat

Menurut SNI 1969-2008, agregat kasar adalah kerikil atau berupa batu pecah yang diperoleh dari industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir antara 4,75 mm (Nomor 4) sampai 40 mm (Nomor 1½ inci). Sedangkan agregat halus adalah pasir yang dihasilkan oleh industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir terbesar 4,75 mm (Nomor 4). Pada penelitian ini agregat halus yang digunakan adalah abu batu. Abu batu merupakan sisa dari hasil pengolahan batu pecah dengan menggunakan *stone crusher*. Abu batu memiliki ukuran hingga 10 mm dan berbentuk pipih (Gan, 2018).

C. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian dilakukan di Laboratorium Jalan Raya Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Riau, Pekanbaru. Penelitian ini dilakukan dengan metode eksperimen.

C.1 Bahan dan Peralatan

C.1.1 Bahan

Benda uji yang digunakan pada penelitian ini diambil dari PT.Virajaya Riauputra yang berasal dari Desa Pangkalan, Sumatera Barat, berupa:

1. Agregat ukuran 3-5 cm
2. Agregat ukuran 2-3 cm
3. Agregat ukuran 1-2 cm
4. Agregat ukuran medium (0,5-1 cm)
5. Abu batu

Benda uji yang diambil dari PT. Indah Kiat Pulp and Paper berupa FABA (*fly ash* dan *bottom ash*)

C.1.2 Peralatan

Peralatan yang digunakan adalah sebagai berikut:

1. Alat uji pemeriksaan agregat.
2. Satu set saringan gradasi lapisan *subbase*.
3. Cetakan benda uji lengkap dengan leher sambungan dan alas.
4. Alat penumbuk mekanis dengan diameter 50,8 mm.
5. Timbangan.
6. Oven.
7. Mesin penetrasi CBR.
8. Perlengkapan lainnya.

C.2 Pengujian Bahan Penyusun

Pengujian pada penelitian ini dilakukan sesuai standar Bina Marga 2018 dan SNI pada setiap pengujian.

Tabel 4. Standar Pengujian

Pengujian	Standar
Berat Jenis	SNI 03-1969-1990
<i>Atterberg Limit</i> Campuran	SNI 1966-2008
Analisa Saringan	SNI 03-1968-1990
Material Lolos Ayakan Nomor 200	SNI 03-4142-1996

Tabel 4. Standar Pengujian (lanjutan)

Keausan Agregat Kasar dengan Mesin Abrasi <i>Los Angeles</i>	SNI 2417 :2008
Penentuan Persentase Butir Pecah Agregat Kasar	SNI 7619:2012
Gumpalan Lempung dan Butir Mudah Pecah	SNI 03-4141-1996
Berat Isi Campuran	SNI 03-4804-1998
Kepadatan (Proktor)	SNI 1743-2008
CBR (<i>California Bearing Ratio</i>)	SNI 03-1744-1989

C.3 Rancangan Campuran Subbase

Dalam penelitian ini digunakan 4 variasi campuran FABA yang dapat dilihat pada Tabel 5. Perolehan nilai kadar FABA didapat dari hasil perhitungan dengan cara *trial and error*. Berdasarkan jumlah kadar FABA sebanyak 4 buah, maka diperlukan sebanyak 20 sampel proktor dan 12 sampel pengujian CBR.

Tabel 5. Jumlah Variasi Campuran Sampel

No	Variasi	Kadar FABA (%)	Sampel Proktor (buah)	Sampel CBR (buah)
1	I	0	5	3
2	II	22	5	3
3	III	25	5	3
4	IV	25	5	3
Jumlah			20	12

D. HASIL DAN PEMBAHASAN

D.1 Pengujian Bahan Penyusun

Pengujian karakteristik material dilakukan sebelum material dipakai sebagai campuran *subbase*. Pengujian propertis bertujuan untuk mengetahui kelayakan material dalam campuran lapisan *subbase* dan memenuhi spesifikasi umum Bina Marga 2018.

D.2 Hasil Pengujian Propertis Agregat

Agregat yang diuji adalah agregat ukuran 3-5 cm, 2-3 cm, 1-2 cm, medium, abu batu dan FABA (*fly ash* dan *bottom ash*). Hasil pengujian propertis agregat dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil Pengujian Propertis

Sifat Material yang Diuji	Standar	Hasil
Persentase Lolos Ayakan Nomor 200 3-5 (%)		0,13
Persentase Lolos Ayakan Nomor 200 2-3 (%)		0,15
Persentase Lolos Ayakan Nomor 200 1-2 (%)	SNI 03-4142-1996	0,21
Persentase Lolos Ayakan Nomor 200 Medium (%)		0,96
Persentase Lolos Ayakan Nomor 200 Abu Batu (%)		9,67
Persentase Lolos Ayakan Nomor 200 FABA (%)		19,54
Abrasi Dengan Mesin Los Angeles (%)	SNI 03-2417-2008	33,52
Pengujian Berat Jenis Agregat Kasar 3-5 (gr/cm ³)		
A. BJ. Bulk		3,15
B. BJ. SSD	SNI 03-969-1990	3,16
C. BJ. Apparent		3,19
D. Penyerapan (%)		0,00
Pengujian Berat Jenis Agregat Kasar 2-3 (gr/cm ³)		
A. BJ. Bulk		2,90
B. BJ. SSD	SNI 03-969-1990	2,91
C. BJ. Apparent		2,95
D. Penyerapan (%)		0,01
Pengujian Berat Jenis Agregat Kasar medium (gr/cm ³)		
A. BJ. Bulk		2,79
B. BJ. SSD	SNI 03-969-1990	2,79
C. BJ. Apparent		2,81
D. Penyerapan (%)		0,00
Pengujian Berat Jenis Agregat Halus Abu Batu (gr/cm ³)		
A. BJ. Bulk		2,72
B. BJ. SSD	SNI 03-969-1990	2,74
C. BJ. Apparent		2,76
D. Penyerapan (%)		0,0
Pengujian Berat Jenis Agregat Halus FABA (gr/cm ³)		
A. BJ. Bulk		2,67
B. BJ. SSD	SNI 03-969-1990	2,69
C. BJ. Apparent		2,72
D. Penyerapan (%)		0,01

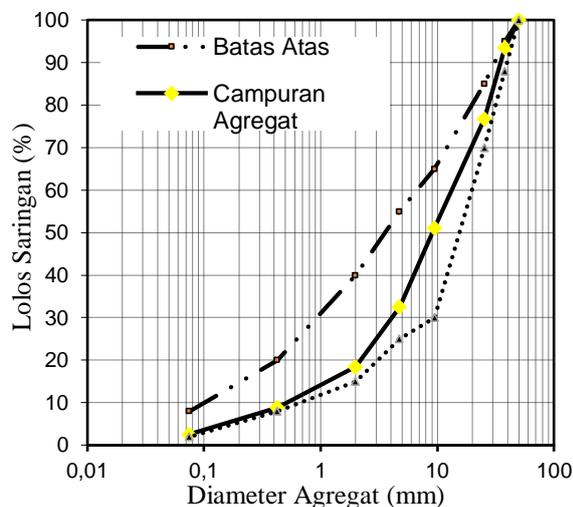
Berdasarkan Tabel 6 dapat disimpulkan bahwa hasil pengujian agregat kasar dan halus layak digunakan sebagai bahan campuran lapisan *subbase*.

D.3 Hasil Pencampuran Agregat

Berdasarkan jumlah variasi yang telah ditentukan, maka dibuat sebanyak 4 variasi sampel. Variasi I merupakan proporsi campuran tanpa FABA. Hal ini dimaksudkan agar variasi I menjadi pembanding terhadap variasi dengan penambahan FABA. Grafik hasil pencampuran variasi I dapat dilihat pada Gambar 3. Untuk variasi lainnya, telah dirangkum dalam Tabel 7.

Tabel 7. Proporsi Masing-Masing Fraksi

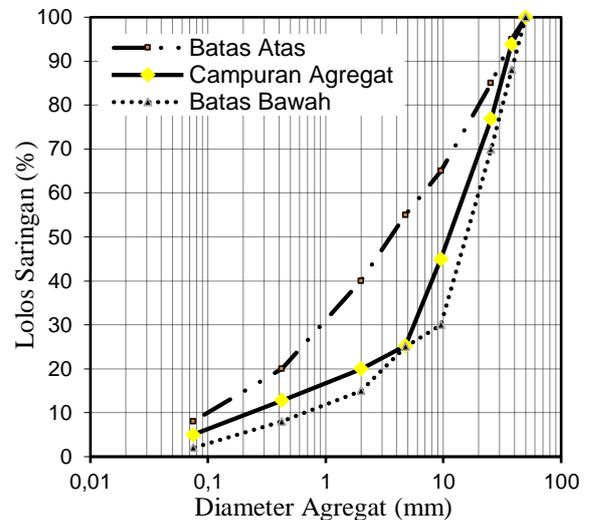
Fraksi	Variasi (%)			
	I	II	III	IV
3-5 cm	17	16	16	17
2-3 cm	14	16	14	13
1-2 cm	14	17	20	12
Medium	20	29	25	17
Abu batu	35	0	0	16
FABA	0	22	25	25



Gambar 3. Proporsi Variasi I

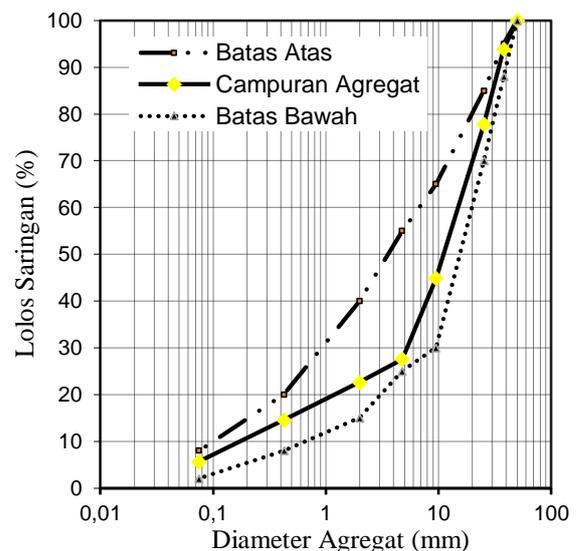
Variasi II merupakan variasi dengan FABA sebanyak 22%. Ini karena nilai 22% adalah nilai minimum yang didapat dari hasil *trial and error*. Jika diambil nilai di bawah 22%, maka variasi ini tidak masuk kedalam *range* standar campuran. *Fly ash* dan *bottom ash* yang digunakan terdiri atas 55% *fly ash* dan 45% *bottom ash*. Hal ini

juga berlaku pada semua variasi yang menggunakan FABA. Pada variasi ini FABA digunakan sebagai bahan pengganti agregat halus (abu batu). Proporsi variasi II dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Proporsi Variasi II

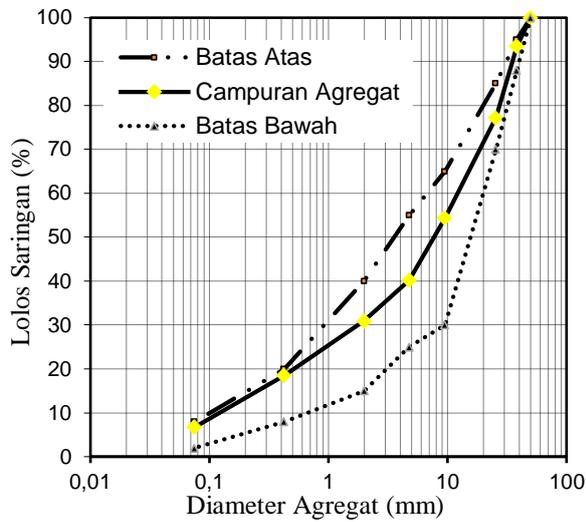
Variasi III merupakan variasi dengan FABA sebanyak 25%. Kebalikan dari variasi II, nilai ini diambil karena 25% adalah batas maksimum. Sehingga diharapkan agar pemanfaatan FABA juga dapat maksimum. Gambar 5 berikut adalah proporsi variasi III.



Gambar 5. Proporsi Variasi III

Variasi IV adalah variasi dengan mencampurkan semua fraksi yang ada. FABA yang digunakan pada variasi ini

adalah 25%. Pengambilan nilai ini bertujuan untuk memanfaatkan FABA secara maksimum. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Proporsi Variasi IV

Pada Gambar 3 sampai dengan Gambar 6 menunjukkan bahwa proporsi campuran semua variasi sudah memenuhi standar. Hal ini dapat dilihat dengan grafik yang masuk ke dalam *range* batas atas dan batas bawah syarat campuran.

D.4 Hasil Pengujian Campuran Subbase

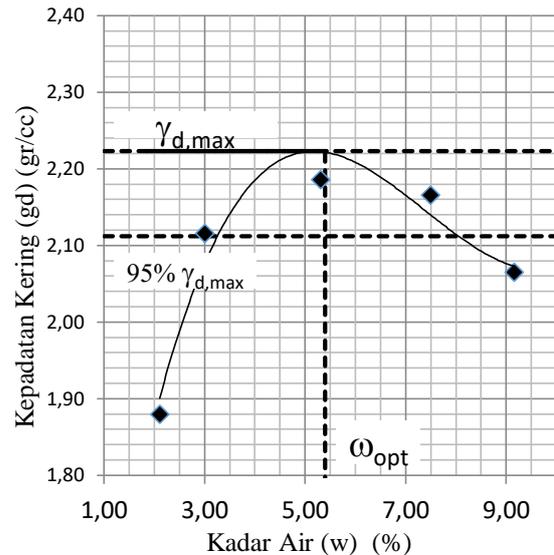
D.4.1 Penentuan Kadar Air Optimum (KAO)

Penentuan nilai kadar air optimum (KAO) didapat dari pengujian kepadatan berat (*proctor modified*). Nilai KAO yang didapat dari hasil pengujian akan digunakan pada pengujian CBR.

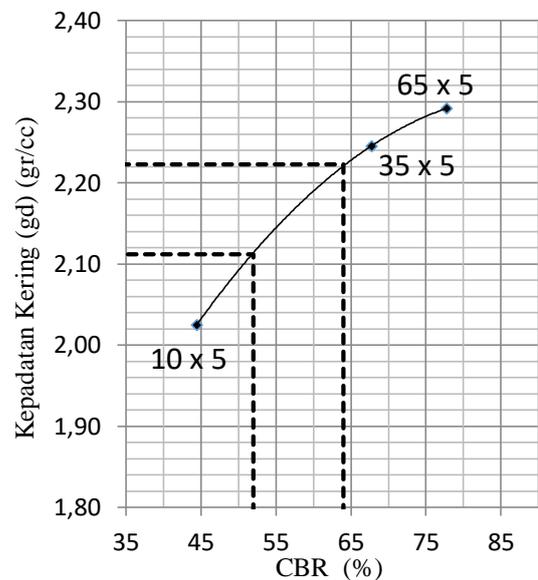
D.4.2 Nilai CBR Lapisan Subbase

Setelah dilakukan pengujian kepadatan, maka didapat nilai KAO untuk masing-masing variasi. Kemudian dilakukan pembuatan sampel pengujian CBR. Pengujian CBR yang dilakukan adalah CBR rendaman.

CBR rendaman pada lapisan *subbase* yang telah dilakukan di laboratorium dengan membuat 4 variasi, nilai CBR rendaman variasi I sebagai berikut:



Gambar 7. Grafik Kepadatan Variasi I



Gambar 8. Grafik Nilai CBR Variasi I

Gambar 7 merupakan grafik yang diperoleh dari pengujian proktor. Dapat dilihat bahwa variasi I memiliki nilai KAO 5,4% dengan kepadatan kering maksimumnya adalah 2,223 gr/cc. Sedangkan Gambar 8 adalah grafik nilai CBR yang didapat dari 3 variasi pukulan, yaitu pukulan 10, 35 dan 65. Dari kedua Gambar tersebut dapat ditarik kesimpulan bahwa nilai CBR pada kepadatan 100% adalah 64%. Sehingga variasi I memenuhi standar spesifikasi Bina Marga 2018

dimana syarat nilai CBR untuk lapisan *subbase* adalah 60%.

Dengan cara yang sama, untuk nilai CBR variasi lainnya akan ditampilkan pada Tabel 8.

Tabel 8. Nilai CBR Campuran

No.	Variasi	Komposisi FABA (%)	Kadar FABA (%)	Nilai CBR (%)
1	I	55FA 45BA	0	64
2	II	55FA 45BA	22	93
3	III	55FA 45BA	25	84
4	IV	55FA 45BA	25	73

Pada Tabel 6 nilai CBR semua variasi menunjukkan bahwa pengaruh penambahan FABA ke dalam campuran menghasilkan daya dukung yang sesuai dengan standar Bina Marga 2018 yaitu untuk perkerasan jalan terutama pada lapisan *subbase*. Variasi II, III dan IV yang menggunakan FABA di atas dapat direkomendasikan untuk perkerasan jalan sesuai dengan kebutuhan perencanaan jalan raya.

E. KESIMPULAN DAN SARAN

E.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian terhadap penambahan FABA pada lapisan *subbase* sebagai pengganti abu batu maupun bahan campuran dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Proporsi untuk campuran lapisan *subbase* yang optimal adalah pada variasi II yaitu agregat dengan ukuran 3-5 cm sebanyak 16 %, 2-3 cm sebanyak 16%, agregat ukuran 1-2 cm sebanyak 17%, agregat ukuran medium sebanyak 29% dan *fly ash* dan *bottom ash* sebanyak 22% dengan nilai CBR yaitu 93 %. Hal ini menunjukkan bahwa nilai CBR telah memenuhi standar minimum Bina Marga 2018 yaitu 60%.
2. Pengaruh penambahan FABA dengan jumlah tertentu ke dalam campuran dapat meningkatkan daya

dukung lapisan *subbase*. Hal ini ditunjukkan dengan penambahan FABA 22% (Variasi II) dalam campuran membuat nilai daya dukung yang dihasilkan lebih besar yaitu 93% dari pada tanpa penambahan FABA (Variasi I) yaitu 64%. Namun, penambahan FABA 25% (Variasi III) ke dalam campuran membuat nilai daya dukung turun menjadi 84%.

E.2 Saran

Hasil penelitian akan lebih sempurna dan bisa dikembangkan lagi jika dilakukan penelitian lebih lanjut dengan memperhatikan hal-hal berikut ini:

1. Adanya penelitian tentang pemanfaatan FABA dengan proporsi campuran yang paling efektif. Tidak menitik beratkan masalah pada pemanfaatan limbah secara maksimal. Hal ini bertujuan untuk mendapatkan campuran yang paling baik, tetapi tetap memanfaatkan limbah FABA.
2. Disarankan dapat dilakukan penelitian pemanfaatan limbah FABA dengan melakukan pengujian terhadap zat kimia FABA. Hal ini bertujuan untuk mengetahui kandungan, reaksi, maupun dampak dari penggunaan FABA sebagai campuran dalam konstruksi jalan.

DAFTAR PUSTAKA

- Direktorat Jendral Bina Marga. (2018). *Spesifikasi Umum 2018*.
- Gan, A. I., Sutikno, H., Antoni, & Hardjito, D. (2018). Optimasi Penggunaan Fly Ash dan Bottom Ash PLTU Suralaya dalam Pembuatan Paving Block Mutu Tinggi. *Dimensi Pratama Teknik Sipil*, 7, 8–15.
- Hamdani, R., Muhandi, & Satibi, S. (2017). Karakteristik mekanis dari campuran abu terbang dan abu dasar dalam geoteknik 1. *Jom FTEKNIK SIPIL Universitas Riau*, 4(1), 1–5.

- Indriyati, T. S., Malik, A., & Alwinda, Y. (2019). Kajian Pengaruh Pemanfaatan Limbah Faba (Fly Ash Dan Bottom Ash) Pada Konstruksi Lapisan Base Perkerasan Jalan. *Jurnal Teknik*, 13(2), 112–119.
- Munir, M. (2008). *Pemanfaatan Abu Batu bara (Fly Ash) untuk Hollow Block yang Bermutu dan Aman Bagi Lingkungan*. Universitas Diponegoro.
- Santoso, I., Roy, S. K., Patrick, & andarias. (2003). Pengaruh Penggunaan Bottom Ash terhadap Karakteristik Campuran Aspal Beton. *Dimensi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra*, 5(1), 75–81.
- SNI 03-1744. (1989). Metode Pengujian CBR Laboratorium.
- SNI 03-1968. (1990). Metode Pengujian tentang Analisa Saringan Agregat Halus dan Kasar.
- SNI 03-1969. (1990). Metode Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar.
- SNI 03-4142. (1996). Metode Pengujian Jumlah Bahan dalam Agregat yang Lolos Saringan No. 200 (0,075 mm).
- SNI 03-4804. (1998). Metode Pengujian Berat Isi dan Rongga Udara dalam Agregat.
- SNI 1743. (2008). Cara Uji Kepadatan Berat untuk Tanah.
- SNI 1966. (2008). Cara Uji Penentuan Batas Plastis dan Indeks Plastisitas Tanah.
- SNI 2417. (2008). Cara Uji Keausan Agregat dengan Mesin Abrasi Los Angeles.
- SNI 4141. (1996). Metode Pengujian Gumpalan Lempung dan Butir-Butir Mudah Pecah dalam Agregat.
- SNI 7619. (2012). Metode Uji Penentuan Persentase Butir Pecah pada Agregat Kasar. Retrieved from www.bsn.go.id
- Suarnita, I. wayan. (2011). Kuat tekan beton dengan aditif fly ash ex. PLTU Mpanau Tavaeli. *Smartek*, 9, 1–10.
- Sukirman, S. (1999). Perkerasan Lentur Jalan Raya. *Perkerasan Jalan Lentur*. Bandung: Nova