



PENGARUH PENGGUNAAN *FLY ASH* DAN *BOTTOM ASH* TERHADAP CAMPURAN BETON ASPAL LAPIS PONDASI (*AC-BASE*)

Nur Fauziah Adhima*¹, Iif Ahmad Syarif²

^{1,2}) Jurusan Teknik Sipil, Universitas Borneo Tarakan
Jl. Amal Lama No. 1 Tarakan, Kalimantan Utara
e-mail: fauziahadhima6344@gmail.com

ABSTRACT: Indonesia has abundant pollutants from coal burning. It was fly ash and bottom ash. To utilize this abundant material a study was carried out on the effect of FABA waste on the AC-Base mixture. This study is aimed to determine the characteristics of marshall, and volumetric and determine the optimum level of use of fly ash and bottom ash used in the AC-Base mixture. The test was carried out by determining the KAO with asphalt content from 4,5% – 6,5% and then obtaining an optimum asphalt content of 6,0%. The design asphalt weight had been obtained and then made into a mixture of filler variations using FABA. There were four (4) types of design variations of FABA filler in the AC-Base mixture, the variations of 25%, 50%, 75%, and 100% of the total filler weight. In this case, in terms of the most optimum value, density with a value range of 2,070 – 2,078 gr/cm³ at FABA100%, VMA with a value range of 17,738 – 18,733 % at FABA 25%, VFB with a value range of 73,862 – 75,725 % at FABA100%, VIM with a value range of 5,282 – 6,716 % at FABA 25%, stability with a value range of 1820,639 – 2492,240 kg at FABA 50%, flow with a value range of 4,8 – 7,4 mm at FABA 100%, and MQ with a value range of 350,875 – 495,992 kg/mm at FABA 50%. From the stability value reviewed, the most optimum FABA filler content is 50% of the filler weight with an average of 2107,420 kg.

Keywords: AC-Base, FABA, Marshall, Volumetric

ABSTRAK: Indonesia memiliki polutan dari hasil pembakaran batu bara yang melimpah yaitu *fly ash* dan *bottom ash*. Untuk memanfaatkan bahan yang melimpah ini maka dilakukan penelitian pengaruh limbah FABA terhadap campuran laston AC-Base. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik marshall, volumetrik dan untuk menentukan kadar optimum penggunaan *fly ash* dan bottom ash yang digunakan pada campuran AC – Base. Pengujian dilakukan dengan menentukan KAO terlebih dahulu dengan kadar aspal mulai dari 4,5% - 6,5% dan kemudian didapatkan kadar aspal optimum sebesar 6,0%. Rancangan berat aspal yang telah didapatkan kemudian dibuat campuran variasi *filler* menggunakan FABA. Rancangan variasi *filler* FABA pada campuran laston AC-Base ada 4 jenis yaitu: variasi 25%, 50%, 75%, dan 100% dari berat total filler. Dalam hal ini ditinjau dari nilai yang paling optimum, density dengan rentang nilai 2,070 - 2,078 gr/cm³ pada variasi FABA 100%, VMA dengan rentang nilai 17,738 - 18,733 % pada variasi FABA 25%, VFB dengan rentang nilai 73,862 - 75,725 % pada variasi FABA 100%, VIM dengan rentang nilai 5,282 – 6,716 % pada variasi FABA 25%, stabilitas dengan rentang nilai 1820,639 - 2492,240 kg pada variasi FABA 50%, *flow* dengan rentang nilai 4,8 - 7,4 mm pada variasi FABA 100%, dan MQ dengan rentang nilai 350,875 - 495,992 kg/mm pada variasi FABA 50%. Ditinjau dari nilai stabilitasnya, maka kadar filler FABA yang paling optimum adalah sebesar 50% dari berat filler dengan rata-rata 2107,420 kg.

Kata kunci: AC-Base, FABA, Marshall, Volumetrik

1. PENDAHULUAN

Indonesia memiliki industri pertambangan yang mengalami perkembangan yang sangat pesat dimana batu bara diharapkan berperan sebagai sumber energi pengganti minyak bumi. Dari pembakaran batu bara dihasilkan sekitar 5% polutan padat yang berupa abu (*fly ash* dan *bottom ash*) (Gaol, B. L., 2019). *Fly ash* merupakan abu yang dihasilkan dari pembakaran batu bara yang memiliki ukuran partikel yang halus. Batu bara yang dibakar didalam boiler akan menghasilkan abu sisa yang mengapung atau berterbangan karena memiliki berat jenis yang sangat ringan sehingga disebut dengan *fly ash*. Bersamaan dengan itu, dihasilkan pula bahan buangan dari proses pembakaran batu bara yang jatuh ke dasar boiler yang disebut dengan *bottom ash*.

Laston merupakan campuran beraspal yang merupakan kombinasi campuran antara agregat dan aspal. Aspal berperan sebagai pengikat atau lem antar partikel agregat, dan agregat berperan sebagai tulangan. Aspal beton (*Asphalt Concrete*) di Indonesia dikenal dengan Laston (Lapisan Aspal Beton) yaitu lapis permukaan struktural atau lapis pondasi atas (Pusjatan, 2019).

Menurut Indriyati, dkk (2019) pemanfaatan FABA sebagai campuran perkerasan jalan bertujuan untuk menghemat anggaran dan mengurangi pencemaran lingkungan. Pemanfaatan FABA untuk lapisan perkerasan jalan harus memiliki proporsi yang tepat agar pemanfaatan FABA bisa optimal.

2. METODE PENELITIAN

Jenis penelitian yang dilakukan adalah penelitian eksperimental dimana untuk mendapatkan data yang dibutuhkan dilakukan kegiatan pengujian di laboratorium. Data yang didapatkan diolah untuk mendapatkan hasil sesuai dengan syarat-syarat yang ada. Penelitian ini dilakukan untuk menguji pengaruh penambahan *fly ash* dan *bottom ash* terhadap campuran aspal beton lapis pondasi (*AC-Base*) terhadap parameter *marshall* dan volumetrik. Adapun langkah-langkah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

- a. Sebelum melakukan penelitian terlebih dahulu melakukan studi literatur dan mempersiapkan alat dan bahan penelitian.
- b. Merancang proporsi agregat, dimana proporsi agregat tersebut dipilih dari gradasi yang sesuai Spesifikasi Umum Bina Marga tahun 2018 (Revisi 2), prinsip kerja metode analitis ini adalah dengan menentukan gradasi agregat yang dipilih kemudian menghitung jumlah butiran yang lolos dan tertahan sesuai syarat yang telah ditentukan sehingga didapat komposisi agregat kasar, halus, dan *filler*.
- c. Menghitung Pb atau kadar aspal rencana dengan menggunakan Persamaan di bawah ini:

$$Pb = 0,35(\%CA) + 0,045(\%FA) + 0,18(\%FF) + C \quad (1)$$

Keterangan :

Pb : Perkiraan nilai kadar aspal tengah (%)

CA : Agregat dari saringan terbesar sampai dengan saringan No. 8 (%)

FA : Agregat yang lolos saringan No.8 sampai dengan tertahan saringan No. 200 (%)

FF : Agregat yang lolos saringan No.200 (%)

C : Konstanta, untuk laston = 0,5 sampai 1

- d. Menghitung jumlah agregat dan *filler* sesuai dengan komposisi yang didapat, kemudian menghitung berat aspal yang dibutuhkan sesuai dengan persentase yang didapatkan.
- e. Melakukan pengujian *marshall* untuk mendapatkan nilai Kadar Aspal Optimum (KAO).
- f. Rancangan berat aspal yang telah didapatkan kemudian dibuat campuran variasi *filler* menggunakan FABA.
- g. Rancangan variasi FABA pada campuran aspal *AC-Base* ada 4 jenis yaitu: variasi 25%, 50%, 75%, dan 100%.

- h. Menentukan kadar FABA yang optimum terhadap campuran AC-Base ditinjau dari parameter *marshall* dan volumetriknya.

Tabel 1. Amplop Gradasi Agregat Campuran Untuk Campuran Beraspal

Ukuran Ayakan		% Berat Yang Lolos terhadap Total Agregat Laston (AC) Base
ASTM	(mm)	
1 ½"	37,5	100
1"	25	90 – 100
¾"	19	76 – 90
½"	12,5	60 – 78
⅜"	9,5	52 – 71
No.4	4,5	35 – 54
No.8	2,36	23 – 41
No.16	1,18	13 – 30
No.30	0,600	10 – 22
No.50	0,300	6 – 15
No.100	0,150	4 -10
No.200	0,075	3 - 7

Sumber : Spesifikasi Umum Bina Marga tahun 2018 (Revisi 2)

2.1.1. Pembuatan Benda Uji

Pembuatan benda uji dilakukan dengan dua tahap, dimana tahap pertama membuat benda uji yaitu mempersiapkan alat dan bahan yang akan digunakan, kemudian menentukan persentase tiap material yang didasarkan pada berat total campuran yaitu 1200 gram. Kadar aspal ditentukan dengan cara menghitung komposisi agregat campuran. Panaskan agregat pada suhu 28°C di atas suhu pencampuran. Aspal dipanaskan sampai mencapai suhu pencampuran, aspal yang telah cukup panas lalu timbang kadar aspal sesuai dengan mix desain, kemudian aspal dimasukkan ke dalam wajan dan aduk campuran sampai merata. Setelah campuran tercampur rata, masukkan campuran ke dalam mould yang telah disiapkan dengan melapisi bagian bawah mould dengan kertas dan ditusuk-tusuk hingga 25 kali agar padat lalu lapis permukaan dengan kertas. Letakkan benda uji diatas alat pemadat (*hammer*) untuk dilakukan pemadatan 112 kali tumbukan, kemudian balik benda uji dan padatkan lagi dengan jumlah tumbukan yang sama. Setelah itu benda uji dikeluarkan menggunakan dongkrak, ditimbang dan diukur kemudian direndam selama 1 hari. Setelah benda uji direndam, lalu timbang dalam air dan timbang berat SSD kemudian direndam kedalam *water bath*. Kemudian dilakukan pengujian dengan alat *marshall* test. Untuk mendapatkan Kadar Aspal Optimum (KAO) tanpa penggunaan FABA yaitu dengan cara seluruh benda uji tahap pertama dilakukan pengujian *marshall* yaitu sebanyak 15 benda uji, dapat dilihat pada tabel 2 dibawah ini

Tabel 2. Jumlah Benda Uji Tahap Pertama

Variasi Kadar Aspal	Jumlah Benda Uji
4,5%	3
5,0%	3
5,5%	3
6,0%	3
6,5%	3
Total Benda Uji	15

Setelah Kadar Aspal Optimum (KAO) didapatkan maka selanjutnya dibuat benda uji tahap kedua untuk campura FABA dengan menggunakan persen kadar aspal optimum (KAO) yaitu 6,0%, dengan variasi *filler* FABA 25%, 50%, 75% dan 100% dari berat total *filler*. Prosedur pembuatan benda uji sama dengan

tahap pertama hanya saja pada tahap kedua ini *filler* diganti dengan *fly ash* dan *bottom ash* (FABA) sesuai persentase FABA yang telah ditentukan

Tabel 3. Jumlah Benda Uji Tahap Kedua

Variasi Kadar FABA (dari berat total <i>filler</i>)	Kadar Aspal	Jumlah Benda Uji
25%	KAO	10
50%	KAO	10
75%	KAO	10
100%	KAO	10
Total Benda Uji		40

2.1.2. Pengolahan Data

Pengolahan data yang dimaksud yaitu untuk mendapatkan hasil evaluasi nilai yang telah didapatkan dari pengujian parameter *marshall* dan perhitungan volumetrik. Data yang telah diperoleh kemudian akan dibuat dalam bentuk tabel dan grafik dengan menggunakan bantuan Microsoft Excel dan tahap akhir analisis menggunakan aplikasi Minitab yang selanjutnya disimpulkan secara deskriptif

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian ini berupa data evaluasi karakteristik *marshall* dan volumetrik pada campuran beton aspal lapis pondasi (AC-Base) penggunaan FABA sebagai *filler*. Penelitian ini menggunakan variasi *filler* FABA yaitu 25%, 50%, 75% dan 100% dengan campuran aspal penetrasi 60/70.

3.1. Hasil Pengujian Aspal

Tabel 4. Rekapitulasi Hasil Pengujian Aspal

Jenis Pengujian	Hasil Pengujian	Spesifikasi	Metoda Pengujian	Keterangan
Penetrasi	62,9 (0,1 mm)	60-70	SNI 2456-2011	Memenuhi
Titik Lembek	49,5°C	≥ 48	SNI 2434-2011	Memenuhi
Daktalitas	131,93 cm	≥ 100	SNI 2432-2011	Memenuhi
Titik Nyala	332 °C	≥ 232	SNI 2433-2011	Memenuhi
Berat Jenis	1,0335 gr/cm ³	≥ 1,0	SNI 2441-2011	Memenuhi

Sumber : Hasil Pengujian, 2022

3.2. Hasil Pengujian Agregat

Tabel 5. Rekapitulasi Hasil Pengujian Agregat Kasar

Jenis Pengujian	Hasil Pengujian	Spesifikasi	SNI	Keterangan
Abrasi dengan Mesin Los Angeles Gradasi A	17,52%	Maks 40%	SNI 2417:2008	Memenuhi
Abrasi dengan Mesin Los Angeles Gradasi D	20,11%	Mak. 40%	SNI 2417:2008	Memenuhi
Material Lolos Ayakan No.200	0,425%	Maks. 1%	SNI ASTM C177:2012	Memenuhi
Berat Jenis Agregat Kasar	2,35 gr/cm ³	-	SNI 1969:2008	-

Sumber : Hasil Pengujian, 2022

Tabel 6. Rekapitulasi Hasil Pengujian Agregat Halus

Jenis Pengujian	Hasil Pengujian	Spesifikasi	SNI	Keterangan
Material Lolos Ayakan No.200	17,52%	Maks 10%	SNI 2417:2008	Memenuhi
Berat Jenis Agregat Halus	2,40 gr/cc	-	SNI 1970:2008	-

Sumber : Hasil Pengujian, 2022

3.3. Hasil Pengujian Filler

3.3.1. Abu Batu

Pengujian *filler* abu batu yang dilakukan yaitu pengujian berat jenis, adapun hasil pengujiannya yaitu sebagai berikut

Tabel 7. Hasil Pengujian Filler Abu Batu

Nomor Piktometer	Satuan	I	II
Berat Piktometer, W_1	gram	51,1	51,1
Berat Piktometer + Filler, W_2	gram	76,2	76,1
Berat Piktometer + Air + Filler, W_3	gram	164,2	164,1
Berat Piktometer + Air, W_4	gram	149,2	149,1
$BJ\ Filler = \frac{(W_2 - W_1)}{(W_4 - W_1) - (W_3 - W_2)}$	gram/cm ³	2,49	2,50
BJ rata – rata Filler	gram/cm ³	2,50	

Sumber : Hasil Pengujian, 2022

3.3.2. FABA

Pengujian yang dilakukan terhadap material faba adalah pengujian berat jenis *filler*. Pengujian terhadap *filler* ini dilakukan karena penggunaan faba adalah sebagai bahan pengisi atau *filler* dalam campuran beton aspal lapis pondasi (AC-Base). *Fly ash* dan *bottom ash* dihancurkan dengan cara ditumbuk hingga menjadi material yang lolos saringan no.200, kemudian keduanya dicampurkan dengan perbandingan 50:50. Adapun hasil pengujiannya adalah sebagai berikut:

Tabel 8. Hasil Pengujian Berat Jenis FABA

Nomor Piktometer	Satuan	I	II
Berat Piktometer, W_1	gram	58,2	58,4
Berat Piktometer + Filler, W_2	gram	108,5	108,5
Berat Piktometer + Air + Filler, W_3	gram	181,5	179,1
Berat Piktometer + Air, W_4	gram	158,0	158,2
$BJ\ Filler = \frac{(W_2 - W_1)}{(W_4 - W_1) - (W_3 - W_2)}$	gram/cm ³	1,88	1,72
BJ rata – rata Filler	gram/cm ³	1,80	

Sumber : Hasil Pengujian, 2022

3.4. Hasil Pengujian Marshall

Hasil pengujian ini untuk mengetahui nilai karakteristik *marshall* dan volumetrik yaitu *density*, VIM, VMA, VFB, stabilitas, *flow*, dan *marshall quotient*. Hasil perhitungan nilai KAO yang di peroleh dengan pembuatan benda uji sebanyak 15 benda uji yaitu terdapat pada variasi 6,0% dapat dilihat pada tabel 9 berikut ini :

Tabel 9. Rekapitulasi Karakteristik Hasil Pengujian Marshall Tahap 1

KADAR ASPAL (%)	Density (%)	VMA (%)	VFB (%)	VIM (%)	Stabilitas (kg)	Flow (mm)	MQ (kg/mm)
4,5	2,020	18,701	47,891	9,745	1829,364	3,0	609,788
	2,007	19,115	45,182	10,478	1687,206	4,2	401,716
	2,024	18,541	48,537	9,542	1857,864	3,2	580,583
5,0	2,207	11,702	93,449	0,767	2158,905	5,5	392,528
	2,046	18,140	55,902	7,999	1826,534	6,8	268,608
	2,081	16,684	61,083	6,493	2002,024	7,0	286,003
5,5	2,079	17,224	65,576	5,929	1880,114	3,6	522,254
	2,104	16,263	70,497	4,798	2499,167	5,5	454,394
	2,108	16,044	70,932	4,664	1949,961	7,0	278,566
6,0	2,086	17,457	71,238	5,021	1795,176	4,9	366,363
	2,099	16,915	73,969	4,403	1806,910	4,7	384,449
	2,051	18,770	64,365	6,689	1343,641	7,5	179,152
6,5	2,088	17,781	75,524	4,352	1787,286	5,6	319,158
	2,103	17,194	78,789	3,647	1924,241	3,8	506,379
	2,046	19,445	67,538	6,312	2157,404	8,0	269,676

Sumber : Hasil Pengujian, 2022

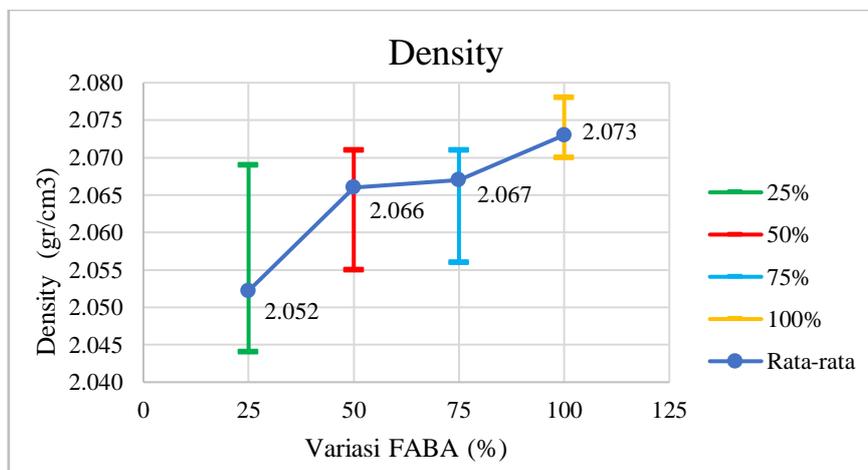
Berikut merupakan karakteristik Marshall aspal beton lapis pondasi (AC-Base) menggunakan variasi Filler FABA, sesuai dengan nilai rata-rata dari data yang diterima berdasarkan analisis statistik menggunakan metode distribusi-t dengan aplikasi minitab adalah sebagai berikut.

Tabel 10. Rekapitulasi Karakteristik Hasil Pengujian Marshall Tahap 2

Variasi Filler FABA	Density (gr/cm ³)	VMA (%)	VFB (%)	VIM (%)	Stabilitas (kg)	Flow (mm)	MQ (kg/mm)
25%	2,052	18,398	66,287	5,954	1943,741	5,8	311,756
50%	2,066	17,450	70,117	5,538	2107,420	5,0	424,859
75%	2,067	17,061	72,050	5,507	2091,741	5,7	380,267
100%	2,073	16,419	74,445	5,273	1890,175	6,3	348,076

Sumber : Hasil Analisis Data, 2022

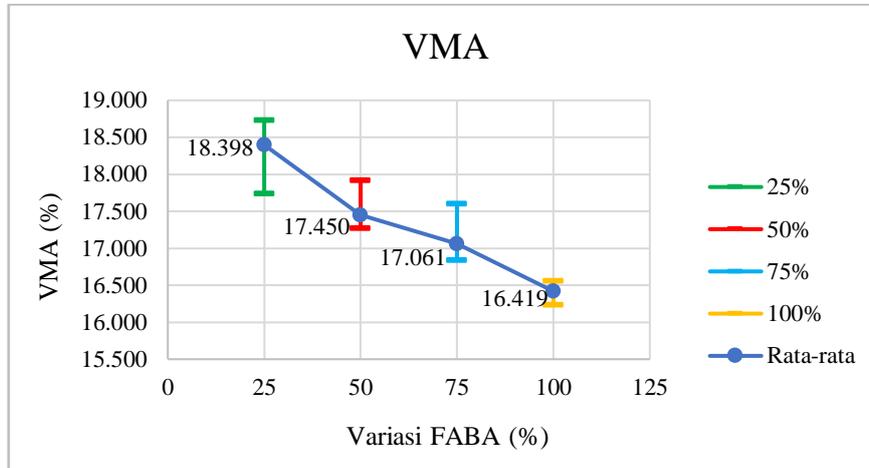
3.5.1. Density



Gambar 1. Grafik rekapitulasi hubungan Density dengan kadar FABA

Pada gambar di atas dapat dilihat bahwa nilai *density* terendah dari komposisi campuran lainnya terdapat pada variasi FABA 25% dengan rentang nilai 2,044 – 2,069 gr/cm³ dan rata-rata sebesar 2,052 gr/cm³. Untuk variasi FABA 100% memiliki rentang nilai 2,070 – 2,078 gr/cm³ dan rata-rata 2,073 gr/cm³ yang merupakan nilai *density* tertinggi. Campuran dengan kepadatan yang tinggi memiliki kekuatan menahan beban yang tinggi, karena agregat mempunyai bidang kontak yang besar pula. Selain itu kepadatan juga mempengaruhi kekedapan.

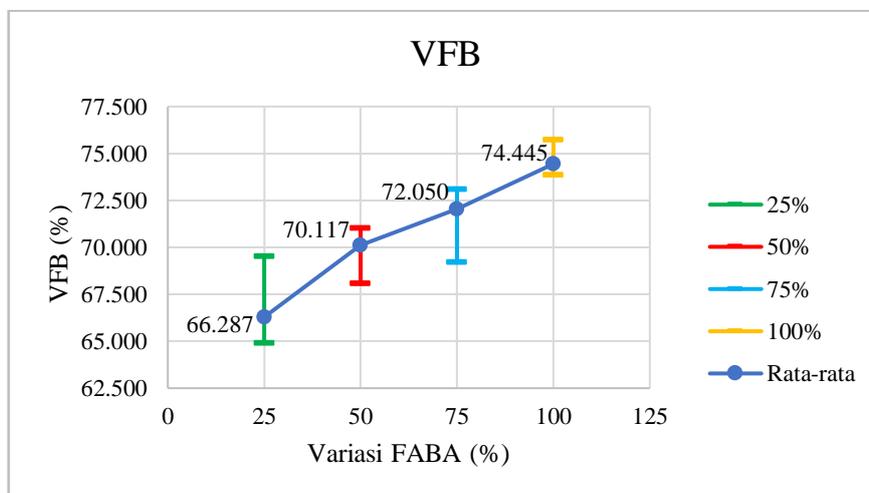
3.5.2. VMA



Gambar 2. Grafik rekapitulasi hubungan VMA dengan kadar FABA

Pada gambar di atas dapat dilihat bahwa nilai VMA terendah dari komposisi campuran lainnya terdapat pada variasi FABA 100% dengan rentang nilai 16,231 – 16,555 % dan rata-rata sebesar 16,419%. Untuk variasi FABA 25% memiliki rentang nilai 17,738 – 18,733 % dan rata-rata 18,398 % yang merupakan nilai VMA tertinggi. VMA terlalu kecil maka campuran bisa mengalami masalah durabilitas dan jika VMA terlalu besar maka campuran akan mengalami masalah stabilitas.

3.5.3. VFB

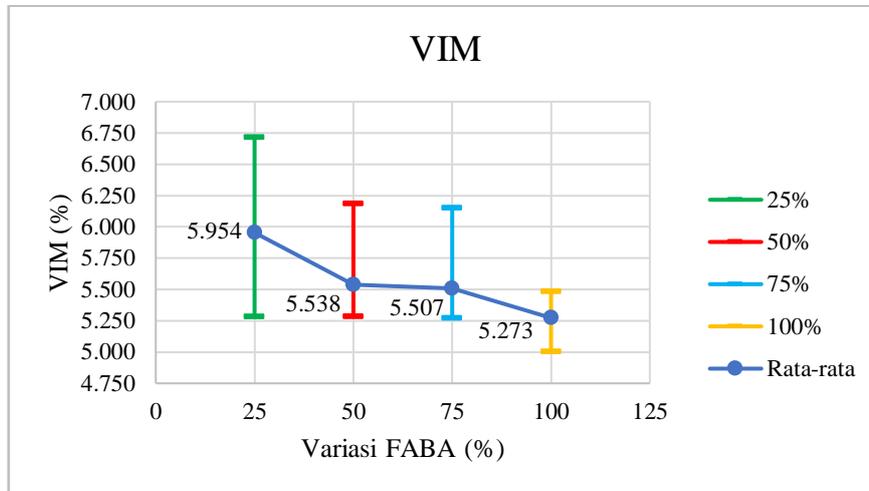


Gambar 3. Grafik rekapitulasi hubungan VFB dengan kadar FABA

Pada gambar di atas dapat dilihat bahwa nilai VFB terendah dari komposisi campuran lainnya terdapat pada variasi FABA 25% dengan rentang nilai 64,897 – 69,531 % dan rata-rata sebesar 66,287%. Untuk variasi FABA 100% memiliki rentang nilai 73,862 – 75,725 % dan rata-rata 74,445% yang merupakan

nilai VFB tertinggi. Nilai VFB yang terlalu tinggi dapat menyebabkan aspal naik ke permukaan pada temperatur tinggi ataupun pembebanan yang tinggi, sebaliknya nilai VFB terlalu rendah maka kedekatan perkerasan akan semakin kecil karena rongga yang tersedia cukup besar sehingga mudah masuk air dan udara kedalamnya sehingga mengakibatkan mudah terjadinya pelepasan butiran.

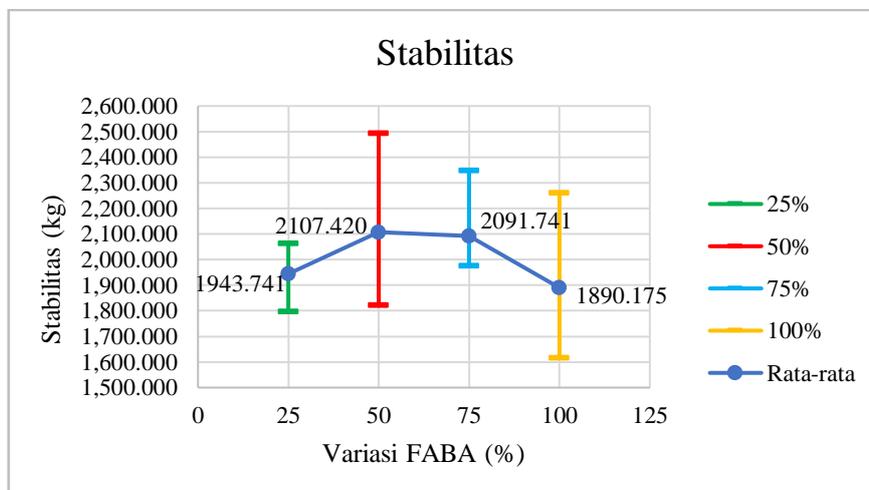
3.5.4. VIM



Gambar 4. Grafik rekapitulasi hubungan VIM dengan kadar FABA

Pada gambar di atas dapat dilihat bahwa nilai VIM terendah dari komposisi campuran lainnya terdapat pada variasi FABA 100% dengan rentang nilai 5,003 – 5,481 % dan rata-rata sebesar 5,273%. Untuk variasi FABA 25% memiliki rentang nilai 5,282 – 6,716 % dan rata-rata sebesar 5,954% yang merupakan nilai VIM tertinggi. Campuran yang mengalami pemadatan oleh lalu lintas yang berat dan padat dimana VIM dicapai kurang dari 3% akan mengakibatkan alur plastis dan jembul. Bila kadar rongga akhir terlalu tinggi atau pada saat pemadatan selesai, VIM dicapai lebih besar dari 5%. Akibatnya yang terjadi adalah munculnya retak dini, pelepasan butir dan pengelupasan.

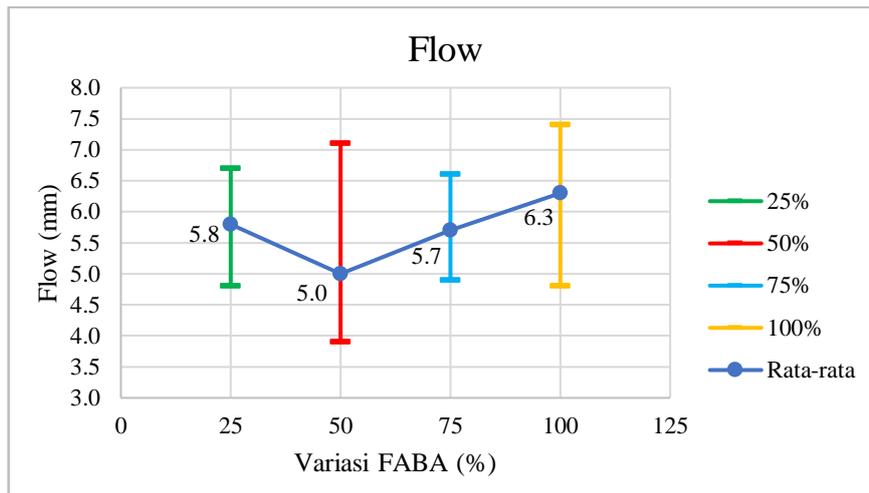
3.5.5. Stabilitas



Gambar 5. Grafik rekapitulasi hubungan Stabilitas dengan kadar FABA

Pada gambar di atas dapat dilihat bahwa nilai stabilitas terendah dari komposisi campuran lainnya terdapat pada variasi FABA 25% dengan rentang nilai 1795,737 – 2062,272 kg dan rata-rata sebesar 1943,741 kg. Untuk variasi FABA 50% memiliki rentang nilai 1820,639 – 2492,240 kg dan rata-rata 2107,420 kg yang merupakan nilai stabilitas tertinggi.

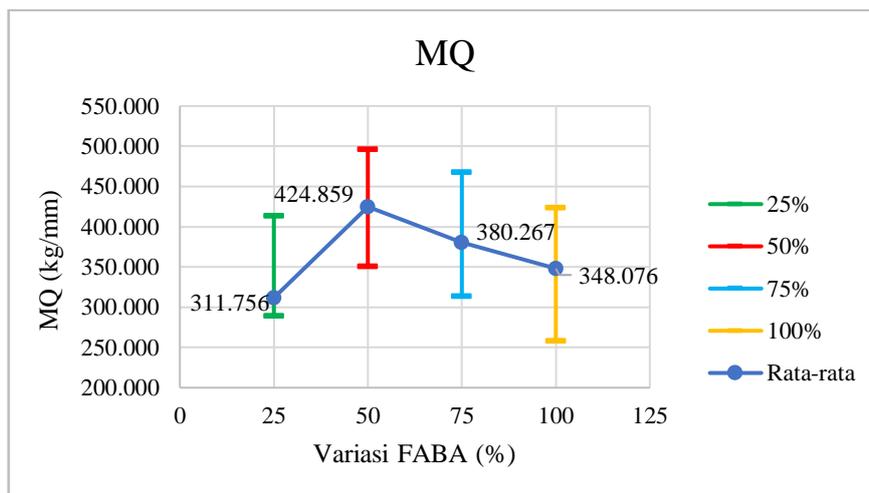
3.5.6. Flow



Gambar 6. Grafik rekapitulasi hubungan Flow dengan kadar FAB A

Pada gambar di atas dapat dilihat bahwa nilai *flow* terendah dari komposisi campuran lainnya terdapat pada variasi FAB A 50% dengan rentang nilai 3,9 – 7,1 mm dan rata-rata sebesar 5,0 mm. Untuk variasi FAB A 100% memiliki rentang nilai 4,8 – 7,4 mm dan rata-rata 6,3 mm yang merupakan nilai *flow* tertinggi. Campuran yang memiliki angka kelelahan rendah dengan stabilitas tinggi cenderung menjadi kaku dan getas sedangkan campuran yang memiliki angka kelelahan tinggi dan stabilitas rendah cenderung plastis dan mudah berubah bentuk apabila mendapat beban lalu lintas. Kerapatan campuran yang baik, kadar aspal yang cukup dan stabilitas yang baik akan memberikan pengaruh penurunan nilai *flow*.

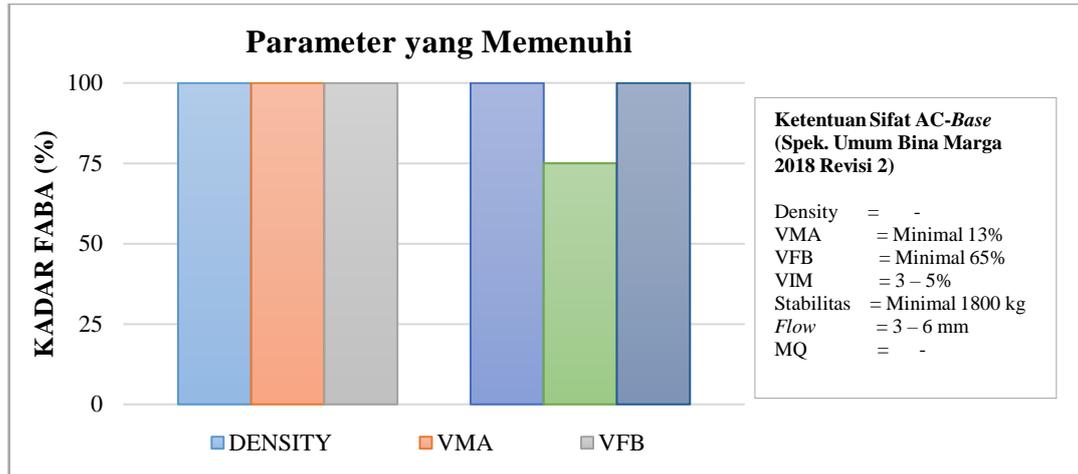
3.5.7. Marshall Quotient



Gambar 7. Grafik rekapitulasi hubungan MQ dengan kadar FAB A

Pada gambar di atas dapat dilihat bahwa nilai MQ terendah dari komposisi campuran lainnya terdapat pada variasi FAB A 25% dengan rentang nilai 289,127 – 413,505 kg/mm dan rata-rata sebesar 311,756 kg/mm. Untuk variasi FAB A 50% memiliki rentang nilai 350,875 – 495,992 kg/mm dan rata-rata 424,859 kg/mm yang merupakan nilai MQ tertinggi.

Dari pemaparan di atas didapatkan hasil parameter yang memenuhi dan tidak memenuhi spesifikasi Bina Marga 2018 di setiap variasi kadar FAB A, dimana dapat dilihat pada grafik di bawah ini.



Gambar 8. Grafik Parameter yang terpenuhi terhadap kadar FABA

Grafik di atas menunjukkan bahwa tidak ada nilai VIM yang memenuhi spesifikasi pada semua kadar FABA. Nilai VIM yang didapatkan sedikit lebih tinggi dari batas maksimum nilai VIM menurut spesifikasi.

Menurut Silvia Sukirman (2003), karakteristik beton aspal yang terpenting dalam campuran Laston adalah stabilitas. Sehingga jika ditinjau dari nilai stabilitasnya, kadar FABA yang paling optimum adalah pada kadar FABA 50%. Adapun perbandingan hasil uji *marshall* dan volumetrik antara sampel tanpa *filler* FABA dengan sampel menggunakan *filler* FABA optimum adalah sebagai berikut.

Tabel 10. Perbandingan Sampel *Filler* FABA 0% dengan Sampel *Filler* 50%

Indikator	<i>Filler</i> FABA 0%	<i>Filler</i> FABA 50%
<i>Density</i> (gr/cm ³)	2,051 – 2,086	2,055 - 2,071
VMA (%)	16,915 – 18,770	17,270 - 17,917
VFB (%)	64,365 – 73,969	68,061 - 71,028
VIM (%)	4,403 – 6,689	5,285 - 6,183
Stabilitas (kg)	1343,641 – 1806,910	1820,639 - 2492,240
<i>Flow</i> (mm)	4,7 – 7,5	3,9 - 7,1
<i>Marshall Quotient</i> (kg/mm)	179,152 – 384,449	350,875 - 495,992

Sumber : Hasil Analisis Data, 2022

Dapat dilihat pada tabel di atas bahwa penggunaan *filler* FABA yang optimum pada kadar FABA 50% memiliki hasil uji *marshall* dan perhitungan volumetrik yang lebih baik dari pada tanpa menggunakan *filler* FABA, terutama pada nilai stabilitas. Dimana karakteristik yang terpenting pada campuran laston adalah nilai stabilitas.

4. KESIMPULAN

Hasil pengujian penggunaan *fly ash* dan *bottom ash* terhadap campuran beton aspal lapis pondasi (AC-Base) sebagai bahan pengisi (*filler*) berdasarkan analisa dan pembahasan yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa Kadar Aspal Optimum (KAO) tanpa penggunaan FABA yaitu 6,0% dari berat total campuran. Pengaruh karakteristik *marshall* dan volumetrik yang terjadi pada lapis aspal beton AC-Base dengan penggunaan *filler* FABA dengan persentase 25%, 50%, 75% dan 100% dari berat total *filler* berdasarkan karakteristik *marshall* stabilitas, *flow*, dan MQ serta karakteristik volumetrik seperti *density*, VMA, VFB, dan VIM memperoleh nilai yang mengalami fluktuasi atau kondisi naik turun yang tidak tetap dari variasi FABA 25%, 50%, 75% hingga 100%. Nilai persentase optimum maksimal penggunaan FABA ditinjau dari stabilitas terdapat pada variasi *filler* FABA 50% dengan rentang nilai 1820,639 – 2492,240 kg dan rata-rata 2107,420 kg. Sehingga penggunaan FABA sebagai bahan *filler*

pada beton aspal lapis pondasi (AC-Base) lebih baik jika dibandingkan dengan hanya menggunakan abu batu saja, maka dari itu FABA ini bisa dimanfaatkan sebagai bahan campur dalam *filler* sebesar 50% dari berat total *filler*.

DAFTAR PUSTAKA

- Direktorat Jenderal Bina Marga. (2020). *Spesifikasi Umum 2018 Untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan dan Jembatan (Revisi 2)*. Jakarta : Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.
- Gaol, B. L. (2019). *Pemanfaatan Fly Ash Pada Subgrade Lapisan Perkerasan Jalan Dengan Tambahan Semen (Studi Kasus : PLTU SIBOLGA)*. Bidang Studi Transportasi Departemen Teknik Sipil Universitas Sumatera Utara.
- Indriyati, Tengku S., Alfian Malik, & Yosi Alwinda (2019). Kajian Pengaruh Pemanfaatan Limbah FABA (*Fly Ash* dan *Bottom Ash*) pada Konstruksi Lapisan *Base* Perkerasan Jalan. *Jurnal Teknik*, 112-119.
- Nawir, D., Bakri, M. D., & Syarif, I. A. (2019). Analisa Karakteristik Campuran Aspal Beton AC-WC dengan Menggunakan Variasi Kadar *Filler Bottom Ash*. Prosiding Forum Studi Transportasi Antar Perguruan Tinggi. Retrieved from <https://ojs.fstpt.info/index.php/ProsFSTPT/article/view/346>
- Pusjatan. (2019). *Modul 3 Pembuatan Campuran Kerja*. Bandung : Balitbang Perkerasan Jalan, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.
- SNI 06-2489-1991. (1991). *Campuran Beraspal, Metode Pengujian dengan Alat Marshall*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- SNI 1969:2008. (2008). *Cara Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar*. Jakarta : Badan Standarisasi Nasional.
- SNI 1970:2008. (2008). *Cara Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus*. Jakarta : Badan Standarisasi Nasional.
- SNI 2417:2008. (2008). *Cara Uji Keausan Agregat dengan Mesin Abrasi Los Angeles*. Jakarta : Badan Standarisasi Nasional.
- SNI 2432:2011. (2011). *Cara Uji Daktilitas Aspal*. Jakarta : Badan Standarisasi Nasional.
- SNI 2433:2011. (2011). *Cara Uji Titik Nyala dan Titik Bakar Aspal dengan Alat Cleveland Open Cup*. Jakarta : Badan Standarisasi Nasional.
- SNI 2434:2011. *Cara Uji Titik Lembek Aspal dengan Alat Cincin dan Bola (Ring and Ball)*. Jakarta : Badan Standarisasi Nasional.
- SNI 2441:2011. (2011). *Cara Uji Berat Jenis Aspal Keras*. Jakarta : Badan Standarisasi Nasional.
- SNI 2456:2011. (2011). *Cara Uji Penetrasi Aspal*. Jakarta : Badan Standarisasi Nasional.
- SNI ASTM C117:2012. (2012). *Metode Uji Bahan yang Lebih Halus dari Saringan 75 μm (No. 200) dalam Agregat Mineral dengan Pencucian*. Jakarta : Badan Standarisasi Nasional.
- SNI ASTM C136:2012. (2012). *Metode Uji untuk Analisis Saringan Agregat Halus dan Agregat Kasar*. Jakarta : Badan Standarisasi Nasional.
- Sukirman, S. (2003). *Beton Aspal Campuran Panas*. Jakarta: Granit